

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5594564号
(P5594564)

(45) 発行日 平成26年9月24日(2014.9.24)

(24) 登録日 平成26年8月15日(2014.8.15)

(51) Int.Cl.

F 1

F 1 6 D 65/12 (2006.01)
C 2 2 C 19/03 (2006.01)
C 2 2 C 19/05 (2006.01)
C 2 3 C 14/08 (2006.01)

F 1 6 D 65/12 M
 C 2 2 C 19/03 G
 C 2 2 C 19/05 B
 C 2 3 C 14/08 K
 F 1 6 D 65/12 E

請求項の数 57 (全 39 頁)

(21) 出願番号 特願2009-520134 (P2009-520134)
 (86) (22) 出願日 平成19年7月13日(2007.7.13)
 (65) 公表番号 特表2009-543991 (P2009-543991A)
 (43) 公表日 平成21年12月10日(2009.12.10)
 (86) 国際出願番号 PCT/IT2007/000500
 (87) 国際公開番号 W02008/007411
 (87) 国際公開日 平成20年1月17日(2008.1.17)
 審査請求日 平成22年7月5日(2010.7.5)
 (31) 優先権主張番号 PCT/IT2006/000534
 (32) 優先日 平成18年7月14日(2006.7.14)
 (33) 優先権主張国 イタリア(IT)

(73) 特許権者 501016696
 フレニ・ブレンボ エス・ピー・エー
 イタリア国、ベルガモ、クルノ 2403
 5、ヴィア・ブレンボ 25
 (74) 代理人 100077702
 弁理士 竹下 和夫
 (72) 発明者 ゴルラー, ラルフ シェグフリード
 イタリア国, 1-24124 ベルガモ,
 ヴィア ボルゴ サンタ カテリーナ, 59
 (72) 発明者 マウリ, ベルナーディノ
 イタリア国, 1-23900 レッコ, ヴ
 ィア ピー, ナヴァ, 37
 (72) 発明者 オーランディ, マルコ
 イタリア国, ミラノ, 1-20038 セ
 レグノ, ヴィア アディジェ, 1
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ブレーキディスクのブレーキバンド複合構造、並びに、同複合構造を作るための方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複合構造又はブレーキディスク(1)のブレーキバンド(2)の複合構造の部分を作るための方法であって、

ケイ素と、炭化ケイ素と、ケイ素と結合しておらず且つ実質的にカーボンファイバーフィラメントの形態で存在するカーボンを含んだ複合セラミック構造を作って、少なくとも一つのブレーキ面を(4)を有するブレーキバンド(3)の本体を確保する工程と、

ブレーキ面を処理して、ブレーキ面上にケイ素と結合していないカーボン¹を有するように表面層を除去する工程と、

ケイ素と炭化ケイ素とをそのままにして、ケイ素と結合していないカーボン¹を少なくとも部分的且つ選択的に除去する工程と、

ケイ素と結合していないカーボン¹が少なくとも部分的且つ選択的に除去されたブレーキ面上に保護コーティングをデポジットする工程を含んだ方法。

【請求項 2】

ケイ素と結合していないカーボン¹を少なくとも部分的に除去する前記工程の終りに、前記複合構造が、前記ブレーキ面において、複合セラミック構造中に存在するケイ素と結合していないカーボン¹の除去に起因して生じた微細なキャビティを有する請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記表面層が、100 μmと600 μmとの間の厚みを有している、請求項2に記載の

10

20

方法。

【請求項 4】

ケイ素と炭化ケイ素とをそのままにして、ケイ素と結合していないカーボンを少なくとも部分的且つ選択的に除去する前記除去工程中に、ケイ素と結合していないカーボンを 0.1 mm と 0.6 mm との間の深さまで除去する、請求項 1 ～ 3 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 5】

ケイ素と結合していないカーボンが少なくとも部分的且つ選択的に除去された前記プレーキ面上に直接的に固定基材をデポジットする工程を含み、前記保護コーティングが前記固定基材上にデポジットされる、請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載の方法。

10

【請求項 6】

前記固定基材が金属材料から作られている、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記金属材料が、ニッケル (Ni)、アルミニウム (Al)、クロム (Cr) 及び銅 (Cu) を含むグループから選択された一つ又はそれ以上の金属を含んでいる、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記金属材料が、重量%にして 1% と 30% との間のアルミニウム (Al) を含み、残部がニッケル (Ni) である請求項 6 に記載の方法。

【請求項 9】

20

前記金属材料が、重量%にして 95% のニッケル (Ni) と重量%にして 5% のアルミニウム (Al) とを含んでいる、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 10】

前記金属材料が、重量%にして約 10% までのクロム (Cr) を含んでいる請求項 6 に記載の方法。

【請求項 11】

前記金属材料が、重量%にして約 10% までの銅 (Cu) を含んでいる請求項 6 に記載の方法。

【請求項 12】

前記固定基材が、30 μ m と 200 μ m との間の厚みを有している請求項 5 ～ 11 の何れか一項に記載の方法。

30

【請求項 13】

前記固定基材が、50 μ m と 100 μ m との間の厚みを有している請求項 5 ～ 11 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 14】

前記固定基材が、ケイ素と結合していないカーボンの除去によって発生した微細なキャビティを部分的に塞いでいる請求項 5 ～ 13 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 15】

前記固定基材が、ケイ素と結合していないカーボンの除去によって発生した微細なキャビティを部分的に塞いで、当該キャビティの側面に厳密に追従している請求項 5 ～ 13 の何れか一項に記載の方法。

40

【請求項 16】

前記固定基材がプラズマ蒸着によってデポジットされる請求項 5 ～ 15 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 17】

前記保護コーティングがプラズマ蒸着によってデポジットされる請求項 1 ～ 16 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 18】

前記プラズマ蒸着が、キャリアガス流から始まるプラズマジェットを発生させるもので、前記保護コーティングを形成するために用いられる材料が粉末状にインジェクトされ、

50

前記固定基材を形成するために用いられる材料が粉末状にインジェクトされる請求項 17 に記載の方法。

【請求項 19】

前記保護コーティングの蒸着のための前記粉末材料が酸化物粉末を含んでいる請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

前記酸化物が、 Al_2O_3 、 TiO_2 及び Cr_2O_3 を含んだグループから選択されている請求項 19 に記載の方法。

【請求項 21】

前記酸化物が、重量%にして $97/3$ 、 $87/13$ 又は $60/40$ の比率で互いに混合された Al_2O_3 と TiO_2 である請求項 19 に記載の方法。 10

【請求項 22】

前記保護コーティングの蒸着のための前記粉末材料が純粋な Cr_2O_3 である請求項 18 に記載の方法。

【請求項 23】

前記保護コーティングの蒸着のための前記粉末材料が、重量%にして、50%の Cr_2O_3 と、50%の、 TiO_2 と Al_2O_3 との混合物とが混合された粉末材料である請求項 18 に記載の方法。

【請求項 24】

前記固定基材の蒸着のための前記粉末材料が、一つ又はそれ以上の非酸化金属の粉末である請求項 18 に記載の方法。 20

【請求項 25】

前記非酸化金属が、ニッケル (Ni)、アルミニウム (Al)、クロム (Cr) 及び銅 (Cu) を含むグループから選択されている請求項 24 に記載の方法。

【請求項 26】

前記固定基材の蒸着のための前記粉末材料が、重量%にして1%と30%の間のアルミニウム (Al) を有し、残部がニッケルである請求項 24 に記載の方法。

【請求項 27】

固定基材を蒸着するための前記粉末材料が、重量%にして、95%のニッケル (Ni) と5%のアルミニウム (Al) との混合物である請求項 24 に記載の方法。 30

【請求項 28】

固定基材を蒸着するための前記粉末材料が、重量%にして約10%までのクロム (Cr) を含んでいる請求項 24 に記載の方法。

【請求項 29】

固定基材を蒸着するための前記粉末材料が、重量%にして約10%までの銅 (Cu) を含んでいる請求項 24 に記載の方法。

【請求項 30】

前記粉末が、 $5\mu m$ と $60\mu m$ との間の平均直径の粒度を有している請求項 24～29 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 31】

前記固定基材の蒸着のための前記粉末が、 $20\mu m$ と $45\mu m$ との間の平均直径の粒度を有している請求項 24～29 の何れか一項に記載の方法。 40

【請求項 32】

前記プラズマ蒸着を、非移行型アークプラズマトーチを備えた装置によって実施する請求項 16 又は 17 に記載の方法。

【請求項 33】

前記トーチが、アノードとカソードとを備え、それらの間で、キャリアガスが流れることができ、プラズマ活性電気アークが誘発されることができる請求項 32 に記載の方法。

【請求項 34】

前記プラズマ蒸着が、キャリアガス流から始まるプラズマジェットを発生させるもので 50

、前記カソードが、前記プラズマジェットを方向付けするためのノズルとして形成されている請求項 3 3 に記載の方法。

【請求項 3 5】

プラズマトーチを備えた前記装置が、前記複合セラミック構造を受けるためのターンテーブルを備え、前記ノズルが前記ターンテーブルに対して放射方向へ移動可能になっている請求項 3 4 に記載の方法。

【請求項 3 6】

作動中に、前記ターンテーブルが、5 r p m と 1 0 r p m との間の角速度で回転する請求項 3 5 に記載の方法。

【請求項 3 7】

作動中に、前記ノズルが 1 m m / 秒と 4 m m / 秒との間のラジアル速度で移動する請求項 3 5 に記載の方法。

【請求項 3 8】

作動中に、前記複合セラミック構造上の均一な蒸着厚さを確保するために、前記ノズルが、前記ターンテーブルの周囲から中心に向かって、増加したラジアル速度で移動する請求項 3 5 に記載の方法。

【請求項 3 9】

前記プラズマ蒸着を、制御雰囲気プラズマスプレイ技術を用いて、コントロールされた雰囲気中で実施する請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 4 0】

前記蒸着を、2 0 0 μ m と 7 0 0 μ m との間の前記保護コーティングの厚さが得られるまで実施する請求項 3 9 に記載の方法。

【請求項 4 1】

前記保護コーティングが、ケイ素と結合していないカーボンの除去によって生じて、且つ、前記保護コーティングを前記複合セラミック構造に機械的に接合させていない前記固定基材によって部分的に塞がれた微細なキャビティに関する微細な凹凸の助けを借りてブレーキ面と緊密に接合している請求項 5 に記載の方法。

【請求項 4 2】

保護コーティングの蒸着後に実施される、前記複合セラミック構造の機械的仕上げ工程を含んでいる請求項 1 ~ 4 1 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 4 3】

前記機械的仕上げを実施して、前記コーティングの厚みを 1 0 0 μ m と 3 0 0 μ m との間の値にさせる請求項 4 2 に記載の方法。

【請求項 4 4】

前記機械的仕上げを実施して、前記保護コーティングの厚みを 1 μ m と 3 μ m との間の粗さ R A を持つようにさせる請求項 4 2 又は 4 3 に記載の方法。

【請求項 4 5】

ブレーキディスク (1) のブレーキバンド (2) の複合構造又は複合構造の部分を作る方法であって、

ケイ素と炭化ケイ素とケイ素と結合していないで実質的にカーボンファイバーフィラメントの形態で存在するカーボンとを含んだ複合セラミック構造を作って、少なくとも一つのブレーキ面 (4) を有するブレーキバンド (3) の本体を確保する工程と、

前記ブレーキ面上にケイ素と結合していないカーボンを持つようにするために、前記ブレーキ面を処理して表面層を除去する工程と、

ケイ素と炭化ケイ素とをそのままにして、ブレーキ面からケイ素と結合していないカーボンを少なくとも部分的且つ選択的に除去することにより、ケイ素と結合していないカーボンを除去したことに起因して発生した微細なキャビティを有する、ケイ素と炭化ケイ素とから成る表面層を前記ブレーキ面に確保する工程と、

金属材料の固定基材を、前記微細なキャビティを部分的に塞いで当該キャビティの側面に厳密に追従するように、ケイ素と結合していないカーボンが少なくとも部分的且つ選択

10

20

30

40

50

的に除去された前記ブレーキ面上に直接にデポジットする工程と、

前記固定基材上に酸化物から成る保護コーティングをデポジットする工程を含んでいる、ブレーキディスク（１）のブレーキバンド（２）の複合構造又は複合構造の部分を作る方法。

【請求項４６】

複合構造又は複合構造の部分であって、

カーボンファイバーフィラメントとケイ素と炭化ケイ素とを含んだ複合セラミック本体と、

複合構造の本体の内部に延びて、ケイ素と結合していないカーボンを有していないままの座部を部分的に所定の深さまで満たしている固定基材と、

前記固定基材の上に蒸着された表面保護コーティングを有している複合構造又は複合構造の部分。

【請求項４７】

前記基材が微細なキャビティの側面に厳密に追従して、連続体を構成している請求項４６に記載の複合構造又は複合構造の部分。

【請求項４８】

前記固定基材が、金属材料から作られている請求項４６又は４７に記載の複合構造又は複合構造の部分。

【請求項４９】

前記金属材料が、ニッケル（Ni）、アルミニウム（Al）、クロム（Cr）及び銅（Cu）を含んだグループから選択された一つ又はそれ以上の金属を含んでいる請求項４８に記載の複合構造又は複合構造の部分。

【請求項５０】

前記保護コーティングが、 Al_2O_3 、 TiO_2 及び Cr_2O_3 を含んだグループから選択された一つ又はそれ以上の金属を含んでいる請求項４６～４９の何れか一項に記載の複合構造又は複合構造の部分。

【請求項５１】

複合構造又はブレーキバンドの複合構造の部分を作るための装置であって、

カーボンファイバーフィラメントとケイ素と炭化ケイ素とを含む複合セラミック構造を成形して、少なくとも一つのブレーキ面（４）を有するブレーキバンドの本体（３）を確保するための少なくとも一つのステーションと、

ブレーキ面を処理して、ブレーキ面上にケイ素と結合していないカーボンを持つように表面層を除去するための少なくとも一つのステーションと、

ケイ素と結合していないカーボンを少なくとも部分的に且つ選択的に除去する（所定の深さまで）ための少なくとも一つのステーションと、

ブレーキ面上に固定基材をデポジットするための少なくとも一つのステーションと、

固定基材上に保護コーティングをデポジットするための少なくとも一つのステーションを有する、複合構造又はブレーキバンドの複合構造の部分をつくるための装置。

【請求項５２】

複合構造又はブレーキバンドの複合構造の部分を作るための装置であって、

ケイ素と炭化ケイ素とケイ素と結合していないカーボンファイバーフィラメントの形態で存在するカーボンとを含む複合セラミック構造を成形して、少なくとも一つのブレーキ面（４）を有するブレーキバンドの本体（３）を確保するための少なくとも一つのステーションと、

ブレーキ面を処理して、ブレーキ面上にケイ素と結合していないカーボンを持つように表面層を除去するための少なくとも一つのステーションと、

ケイ素と炭化ケイ素とのそのままにして、ケイ素と結合していないカーボンをブレーキ面から選択的に除去するための少なくとも一つのステーションと、

ケイ素と結合していないカーボンが少なくとも部分的且つ選択的に除去されたブレーキ面上に固定基材をデポジットするための少なくとも一つのステーションと、

10

20

30

40

50

固定基材上に保護コーティングをデポジットするための少なくとも一つのステーションを有する、複合構造又はブレーキバンドの複合構造の部分を作るための装置。

【請求項 5 3】

前記固定基材が金属又は金属の合金から作られる請求項 5 2 に記載の装置。

【請求項 5 4】

前記保護コーティングが酸化物から作られる請求項 5 2 に記載の装置。

【請求項 5 5】

複合セラミック構造を成形するための前記ステーションが、
カーボンファイバーフィラメントと有機バインダーとの少なくとも一つの混合物を調製するための少なくとも一つのサブステーションと、

10

前記混合物を金型内で成形して、成形本体を確保するための少なくとも一つのサブステーションと、

多孔カーボン構造を確保するために成形本体を熱分解させるための少なくとも一つのサブステーションと、

カーボン構造にケイ素を浸透させて、カーボンとケイ素と炭化ケイ素とに実質的に基づく複合セラミック構造を確保するための少なくとも一つのサブステーションを含んでいる請求項 5 4 に記載の装置。

【請求項 5 6】

前記複合構造を機械的に仕上げるための少なくとも一つのステーションを有し、当該ステーションが、ブレーキ面を処理する前に前記複合構造を処理するためのステーションである請求項 5 4 又は 5 5 に記載の装置。

20

【請求項 5 7】

前記ブレーキバンドをトラクションベルに組み付けるためのステーションを有している請求項 5 3 ～ 5 6 の何れか一項に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、ブレーキディスクのブレーキバンド複合構造に関するものである。

【0 0 0 2】

特に、本発明は、ブレーキディスクのブレーキバンド複合構造の製造方法、その方法によって得られたブレーキディスクのブレーキバンド複合構造及びブレーキディスクのブレーキバンド複合構造の製造方法を実施するための装置に関するものである。

30

【背景技術】

【0 0 0 3】

車両のブレーキディスクのブレーキシステムに特に関係する、ブレーキディスクのブレーキバンド複合構造は、車両のサスペンションの回転部分、例えば、ホイールハブに固定される環状構造即ちブレーキバンドを含んでいて、そのようなブレーキバンドに跨って配置されて車両サスペンションの非回転部品と一体になっている少なくとも一つのキャリパ本体に据え付けられたフリクション要素即ちブレーキパッドと協働するのに好適なブレーキ両面を備えている。ブレーキパッドとブレーキバンドの対向ブレーキ面との間の摩擦による、制御された相互作用によって、車両の減速又は停止を可能にするブレーキ動作が決定される。

40

【0 0 0 4】

ブレーキバンドに関係する構造についての重要な問題の一つは、ブレーキ面の寿命を長くすることにある。

【0 0 0 5】

周知の如く、ブレーキ面、特に、高性能車両又はレーシング車両に搭載されるブレーキディスクのブレーキ面には、実際に、ブレーキ動作中にブレーキ面とパッドとの間に挟まる、例えば、泥やブレーキ中に粉々になるパッドの同様な摩擦材料に起因して、トラック (t r a c t) 又はその他の表面凹凸が素早くできてしまう。それらの表面凹凸は、不快

50

音や不快なガタガタ音を生じさせ、ディスク及びパッド自体をかなり摩耗させる。実際に、この不都合が、不十分な運転快適性と過剰な部品摩耗のために、ブレーキディスクの寿命を限定させてしまう。

【0006】

従って、平面で平行であることに加えて平滑な、即ち、低い平面粗さ値を有するブレーキ面を備えたブレーキディスクのブレーキバンドを確保することの必要性が特に感じられている。

【0007】

この問題は、レーシングカーのみならず平均的な高性能V車両に益々使用されてきている、複合材料のブレーキバンド構造においても感じられている。

10

【0008】

特に、この問題は、ブレーキディスクのブレーキバンドの複合セラミック構造において感じられている。

【0009】

用語「複合セラミック構造」とは、例えば粉末状の例えばフェノール系樹脂，グラファイトの如き樹脂とカーボンファイバーのフィラメント又は同フィラメントの束とを含んだ混合物を炭化させて、その結果として生じたポーラス構造をケイ素浸透で密度を高めさせて(densify)、カーボン(C)，ケイ素(Si)及び炭化ケイ素(SiC)を含んだ構造即ちマトリックスを得ることによって確保される全ての構造を意味する。

【0010】

20

これらの複合セラミック材料からなるブレーキバンド構造の適切に処理された対向ブレーキ面は、ケイ素(Si)と、炭化ケイ素(SiC)と、完全に又は部分的に埋没されたカーボンファイバー(C)の束を有している。

【0011】

特に、これらのファイバーは、ブレーキ動作中に、特に、高性能車両においてかけられるような強烈なブレーキ動作がかけられた時に摩擦面の温度が上昇した場合に、素早く酸化してしまう。

【0012】

カーボンファイバーが酸化燃焼に晒されるにつれて、ブレーキ面上に穴又はトラックが多かれ少なかれ素早く発生し、パッド摩耗の急激な増加のみならず、ドライビング快適性の素早い低下を促進させてしまう。

30

【0013】

最近、燃焼に起因して小さい寸法の穴又はトラックが出来てしまうことに向けられた試みにおいて、ブレーキ動作中のガタガタ音を低減させるために、カーボンフィラメントの束に代えてマイクロファイバーを含んだ表面層をブレーキ面に付加させることにより上記の問題を解消させるという試みがなされている。

【0014】

このタイプのブレーキディスク用ディスクの一例が、米国特許第6,723,193号(Martin, Roland)に開示されている。

【0015】

40

この解決策は、様々な観点から有益であり、上述の問題を低減させることを可能にするが、それを完全に取り除くことを可能にするものではない。

【0016】

実際に、良好な機械的特徴を有しているにもかかわらず、上述した複合セラミック材料は、兎も角、深刻な欠点として、表面キャビティの生成を意味する、ブレーキ面からのフリー炭素の容認できないロスを露呈する。この欠点は、特に高い運転温度で、炭素ベース材料の表面ロスを引き起こすような表面酸化を受けるといった材料の性向によって齎される。

【0017】

更に、従来、カーボン(C)マトリックス，Si及びSiCに、例えば、0.2mmと

50

5 mmとの間で変化させることのできる厚みを有するモノリシックのSiC層を付加するという解決策が提案されている。

【0018】

このタイプの複合構造の一例が、米国特許第6,818,085号(Behr, Thomas et al.)に開示され、カーボン-カーボン(C-C)本体を備えた構造に関する限りにおいては、米国特許第6,077,607号(Zornik, Miklavz)に開示されている。

【0019】

この解決策は、様々な観点から有益であり、モノリシックSiC層の下に位置するカーボンフィラメントを含んだ材料が、兎も角、(実験的に実証されているように)そのモノリシック層を介して起こる酸素の通過又は浸透に起因して燃焼するようになるまでは申し分ない。モノリシック層の下領域に略位置し且つブレーキ面と略平行な焼け(burn)に起因して、モノリシック層が分離し(持ち上り又は剥げ落ちり)始めて、壊れて(クラッキングして)、下層マトリックスから分離し(跳ね上がって)、ディスクの寿命の極端な制限を引き起こす広い下側の領域をも形成してしまう。

【0020】

更に、産業上の実践では、これらの層は0.6 mm~1 mmより薄くすることができない。それらの非常に大きい厚みでは、表面層と表面クラックのより頻繁な生成を促進させるカーボンを含んだマトリックスとの間の界面において、かなりの表面張力が発生する。

【0021】

イギリス特許第1,311,537号(Bendix Corporation)は、C-Cマトリックス上にコーティングを適用することを開示している。同様に、この場合に、様々な観点から有益であるけれども、その提案された解決策は、ディスクの運転温度に対する制限を意味する。この公知の解決策では、運転温度は、構造への酸素の拡散(仮令、制限しても)によって兎も角齎されるC-Cマトリックスの燃焼を引き起こす温度(550℃に略近い温度)に制限され、その温度を越えると、コーティング層が下層マトリックスから分離又は外れてしまう(実践では、表面層が剥げ落ちる)。その主な原因は、イギリス特許第1,311,537号に開示されているそれらの酸化層が高密度であっても、それらが酸素拡散を許容して、コーティングとマトリックスとの間の分離面内に在る下層材料を酸化させてしまう(酸化されたC-Cが全表面層の下に在るので、時間が経つにつれてコーティング分離に結びつく、コーティングとマトリックスとの間の界面における大きな酸化領域が見出されることが知られている。)

【0022】

アルミニウムベース金属マトリックスを備えたディスクを数百ミクロンの厚みを有する保護層(例えば、アルミナ)で被覆することも知られている。

【0023】

このタイプの具体例の一例が、WO92/05292(Murphy, Martin)に開示されている。

【0024】

この解決策は、アルミニウムの溶融温度又はアルミニウムベース金属合金マトリックスの溶融温度までのブレーキディスク構造の安全な運転を可能にする。この温度を越えるにつれて、コーティング層がマトリックスに対する安定した固定ベースを失うので、コーティング層は分離又は剥がれ落ちてしまう。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0025】

本発明の目的は、上述した欠点を除去することを可能にすると共に上述した要求に応じることの可能なブレーキディスクのブレーキバンド構造を作る方法を工夫して提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0026】

そのような目的は、本願の特許請求の範囲の請求項1に記載の、特に上述したタイプのブレーキディスクのブレーキバンド構造を製造する方法によって達成される。

【0027】

本発明による方法の更なる特徴及び利点については、限定的でない本発明の実施形態に関して添付図面を参照して後述した内容からより明確に理解されるであろう。

【好ましい実施形態の詳細な説明】

【0028】

ディスクブレーキ用ディスク1は、車両にブレーキ動作を及ぼすためにブレーキキャリアと協働するのに好適なブレーキバンド2を含んでいる。

10

【0029】

図10を参照すると、ブレーキバンドは、対称軸線X-Xの回りに延在し且つブレーキ面4によって側方で区画された本体3を有している。

【0030】

本発明の一実施形態に依れば、本体3は、カーボン／炭化ケイ素（以下、「C/SiC」と言う。）を基本として、実質的にカーボンから成るフィラメントを含んだ複合材料から作られている。

【0031】

この本体は、残留炭素に加えて、炭化ケイ素を生成するためのケイ素と過剰なケイ素とが浸透したカーボンのポーラス構造又はマトリックスを含んでいるのが有益である。

20

【0032】

好ましくは、この本体は、炭素から実質的に成るフィラメント束の混合物と、ケイ素を溶解させるのに十分な温度でのケイ素との相互作用によって得られる。

【0033】

「炭素から実質的に成るフィラメント」とは、合成物質源、例えば、ポリアクリロニトリル（PAN）及びポリシラザン（polysilazane）から成る様々な製品を熱分解又はピッチのような自然源、植物繊維及びウッドのようなセルロースに基づいた自然源から成る様々な製品を熱分解することにより得られる繊維質材料を含んでいることを意味する。

【0034】

30

「フィラメント束」とは、3000～5000単位で変えることが可能で且つ2μmと310μmとの間の直径、好ましくは7μmの直径を有して互いに結び付けられ、好ましくは、樹脂、例えば、ポリウレタンが含浸されたフィラメントのセットを含むものを意味する。

【0035】

その束は、30mmより短い、好ましくは10mm～8mmに変えることが可能な長さを持つように折って、混合物中にランダムに入れられる。

【0036】

混合物中にランダムに入れられるこれらのフィラメント束は、束のコンポーネント単位数に基づいて、例えば、3000、10000、50000単位等にそれぞれ相当する3K、10K、50Kに定められる。

40

【0037】

本発明によるブレーキディスクのブレーキバンド複合構造の製造方法は、

ケイ素と、炭化ケイ素と、ケイ素と結合しておらず且つ実質的にカーボンファイバーフィラメントの形態で存在する炭素とを含んだ複合セラミック構造を作り、少なくとも一つのブレーキ面4を有するブレーキバンド3の本体を確保する工程と、

ブレーキ面を処理して、このブレーキ面上にケイ素と結合していない炭素を有するように表面層を除去する工程と、

ケイ素と炭化ケイ素とをそのままにして、ケイ素と結合していない炭素を少なくとも部分的且つ専ら選択的にブレーキ面から除去する工程と、

50

ケイ素と結合していない炭素が少なくとも部分的且つ専ら選択的に除去されたブレーキ面上に保護層をデポジットする工程を含んでいる。

【0038】

後述するように、「ケイ素と炭化ケイ素とをそのままにして、ケイ素と結合していない炭素を少なくとも部分的且つ専ら選択的にブレーキ面から除去する」という表現は、ケイ素と炭化ケイ素の双方が除去されないように（例えば、燃焼による除去）又は最小限度の部分としてのみ除去されるように（例えば、組成上適切に選択され且つ結合炭素より多い、例えば、炭化ケイ素の形態のケイ素と結合していない炭素を除去することの可能な粒度を有する研磨材ジェットによる除去）、除去処理が実施されることを意味する。

【0039】

本発明の好ましい実施形態によれば、ブレーキディスクのブレーキバンド複合構造を製造する方法は、

ブレーキバンド本体の複合セラミック構造を製造する工程と、

ブレーキ面の表面層を除去して、本体マトリックス中に実質的に埋没しているカーボンファイバーを露出させるために本体を機械的に処理する工程（平面で互いに平行な二つのブレーキ面を確保することは、有益であるが、必ずしもその必要ない）と、

ケイ素と結合していない表面炭素をブレーキ面から除去する工程と、

ブレーキ面上に固定基材（anchoring substrate）をデポジットする工程と、

固定基材上に保護コーティングをデポジットする工程と、

ブレーキ面を機械的に最終仕上げる工程を含んでいる。

【0040】

有益なことに、機械的最終仕上げの工程によって、下記の利点の少なくとも一つが得られる。

- ・保護コーティング層の厚みを減少させること、
- ・所定の表面粗さ値、
- ・ブレーキ面の平面性（planarity）、
- ・両ブレーキ面間の平行性（parallelism）
- ・ブレーキ面のドリリング（drilling）。

【0041】

好ましくは、機械的最終仕上げに続いて、こうして得られたブレーキディスクを車両に接続させるための支持／トラクションベルにブレーキバンドを組み付ける工程を含んでいる。

【0042】

好ましくは、ブレーキバンド本体の複合セラミック構造を製造する工程は、少なくとも下記のサブ工程を含んでいる。

・少なくともカーボンファイバーフィラメントと少なくとも一つの有機バンダーとを含んだ混合物を調製するサブ工程と、

・所定形状の本体を得るために上記混合物を金型内で成形するサブ工程と、

・ポーラスカーボン構造を確保するために前記成形された本体を熱分解させる工程と、

・炭素、ケイ素及び炭化ケイ素に実質的に基づいた複合セラミック構造を得るために前記カーボン構造にケイ素を浸透させるサブ工程。

【0043】

好ましくは、本発明による方法は、ブレーキ面をドリリングする工程を含んでもよい。そのような工程は、成形工程と熱分解工程との間又は熱分解工程とケイ素浸透工程との間に実施してもよい。

【0044】

有益なことに、ドリリング工程は、ブレーキ面上の上記処理工程の後に実施することもできる。

【0045】

ケイ素浸透工程に続いて、成形された本体の全面上に酸化防止剤層をデポジットする工程（以下、「含浸工程」という）を含んでいることが好ましい。

【0046】

上記調製工程において調製される混合物は、混合物の容量に対して容量で40%～80%、好ましくは、40～50%又は60～70%のカーボンファイバーフィラメントを含んでいるのが有益である。

【0047】

カーボンファイバーフィラメントは、有機化合物を熱分解することにより得られる繊維質材料を含んでいるのが有益である。

【0048】

フィラメントは2 μm と10 μm との間の直径を有しているのが有益である。好ましくは、そのようなフィラメントは0.1 mmと10 mmとの間の長さを有している。

【0049】

フィラメントは、好ましくは3000と5000単位で変えることのできる数のフィラメントを有する束に纏めることができる。そのような束は、30 mmより短い長さ、好ましくは、10 mmと8 mmとの間の長さを有している。そのような束の直径は、0.1 mmと2 mmとの間、好ましくは、0.3 mmと0.5 mmとの間である。

【0050】

混合物は、混合物の容量に対して容量で5%～50%、好ましくは、20%～26%又は40%～50%の有機バインダーを含んでいるのが有益である。効果的には、その有機バインダーは、固体、半流動体又は流動体状態で混合物に加えられる。

【0051】

有機バインダーは、フェノール系樹脂、アクリル系樹脂、パラフィン、ピッチ及びポリスチレンを含むグループから選択された一つ又はそれ以上の化合物を含んでいるのが有益である。

【0052】

本発明の一実施形態によれば、有機バインダーは、有機溶剤、好ましくは、フルフリルアルコールに溶かされたフェノール系樹脂である。

【0053】

混合物は、混合物の容量との関係で容量で0.5%～30%、好ましくは、4%～15%の添加物を含んでいるのが有益である。そのような添加物は、特に、グラファイト、炭化ケイ素、金属炭化物及び金属窒化物を含むグループから選択された一つ又はそれ以上のパウダー化合物を含んでいる。

【0054】

有益的には、混合物は、混合物の容量との関係で容量で4%～30%、好ましくは、10%～20%の補強ファイバーを含めることができる。特に、そのような補強ファイバーは、カーボン、炭化ケイ素 (SiC)、窒化ケイ素 (Si_3N_4) 及び炭化チタン (TiC) を含むグループから選択された化合物のファイバーであってもよい。本発明の一実施形態によれば、補強ファイバーは、ケイ素の溶融温度より高い溶融温度を有する金属のファイバーである。

【0055】

本発明の一実施形態によれば、補強ファイバーは、最終複合構造の環状部に配置されている。有益的には、補強ファイバーは、互いに連結させて又は分離した状態で所定の方

【0056】

特に、カーボンフィラメント及び又は補強ファイバーは、上述した有機バインダーで被覆し又は保護樹脂、好ましくは、ポリウレタンと結合させ又はポリウレタンで区分することができる。

10

20

30

40

50

【0057】

混合物の調製工程に続いて、成形工程が実施される。

【0058】

好ましくは、成形工程は、80℃と180℃との間の範囲の温度で実施される。特に、成形は、10バールと50バールの間の範囲の圧力で実施される。好ましくは、成形は、30分と5時間との間の時間続けられる。

【0059】

成形工程に続いて、上述したケイ素浸透工程前に熱分解工程が実施される。

【0060】

熱分解工程は、850℃と1250℃の間の範囲の温度で、好ましくは、950℃と1100℃の間の範囲の温度で実施するのが有益である。特に、熱分解は、2メガバールと100メガバールとの間の範囲の超過圧力で実施される。

10

【0061】

本発明の一実施形態によれば、熱分解工程は、不活性雰囲気、好ましくはアルゴンの雰囲気中で実施される。

【0062】

熱分解工程は、12時間と150時間との間の変えることのできる時間、好ましくは、24時間と48時間の間の時間、実施するのが有益である。

【0063】

熱分解工程に続いて実施されるケイ素浸透工程は、1450℃と2200℃との間の範囲の温度で、好ましくは、1600℃と1750℃との間の範囲の温度で、実施される。

20

【0064】

特に、ケイ素浸透工程は、0.1メガバールと10メガバールとの間の範囲の残留圧力、好ましくは、0.3メガバールと2メガバールとの間の範囲の残留圧力を有する真空中で実施される。

【0065】

好ましくは、ケイ素浸透工程は、10分と8時間との間の変えることが可能な時間、実施される。

【0066】

本発明の一実施形態によれば、ケイ素浸透工程は、熱分解によって得られたポーラスカーボン構造をケイ素細粒ベッドに置くことにより実施される。

30

【0067】

ケイ素浸透工程の終りに、複合セラミック構造は、炭化ケイ素相とケイ素相とを含んだ少なくとも一つの表面層を有するようになり、そこにおいては、カーボンファイバーフィラメントが埋没している。特に、複合セラミック構造は、そのプレーキ面上にケイ素を含んだ連続した薄膜を有している。

【0068】

本発明に係る方法の第一の実施形態によれば、上記した混合物調製工程において、少なくとも一つの有機バインダーを備えた複数のカーボンフィラメント束を互いに混合させる。

40

【0069】

有益的には、そのフィラメント束は、0.1mm～2mm、好ましくは、0.3mm～0.5mmの直径を有している。

【0070】

有益的には、混合物中におけるフィラメント束の含有量は、混合物の容量に対して容量で40%～80%、好ましくは、40%と50%との間の範囲又は60%と70%との間の範囲である。

【0071】

有機バインダーは、フェノール系樹脂、アクリル系樹脂、パラフィン、ピッチ及びポリスチレン等を含むグループから選択することのできる一般的なバインダーである。

50

【0072】

好ましくは、バインダーは、ピッチとフェノール系樹脂とを含むグループから選択される。

【0073】

バインダーは、何らかの所望の形態、例えば、固体、半流動体、流動体の状態又は溶液で混合物に付加することができる。

【0074】

例えば、フェノール系樹脂は、ペレット、粉末又は粒の形態で付加することができる。

【0075】

混合物中の有機バンダーの含有量は、混合物の容量に対して容量で5%～50%、好ましくは、20%～26%又は40%と50%との間の範囲内であるのが有益である。

10

【0076】

混合物は、複合構造の多孔性及び密度を調整するために間接的にフィラー (f i l l e r) として用いられるその他の通常の添加物を含んでいてもよい。

【0077】

そのような添加物は、好ましくは、グラファイト粉末、炭化ケイ素、金属窒化物及び金属炭化物の如き無機材料の粒子から成っている。

【0078】

有益的には、混合物中のその添加物の含有量は、混合物の容量に対して容量で0.5%～30%、好ましくは、4%～15%の範囲内である。

20

【0079】

混合は一般的な装置及び方法で実施することができ、フィラメント束は様々な方向にランダムに配置される。

【0080】

こうして得られた混合物を、それを加熱し且つ圧力を加えることにより所定形状の本体を成形する金型内に配置する。

【0081】

有益的には、その成形工程においては、混合物を金型内で、80℃～180℃、好ましくは100℃～120℃の温度で加熱し且つ10バールと50バールの間、好ましくは、20バールと30バールの圧力が付加される。

30

【0082】

こうして得られた所定形状のコンパクト本体を金型から取り出して、化学的バインダーを炭化させる目的を有する第一のファイアリング (f i r i n g) (熱分解) を受けさせる。

【0083】

そのようなファイアリングは、例えば、用いられるバインダーの種類にほぼ依存して決定され温度、一般的には、900℃～1200℃の範囲内の温度で、一般的な炉中で実施される。

【0084】

そのファイアリングは、窒素又はアルゴンの如き不活性ガス流の存在下で、2メガバールと100メガバール、好ましくは、20メガバールと30メガバールの間の範囲内の超過圧力で実施する。有益なことに、上記不活性ガス流は、化学的バインダーの熱分解で放出されるガスを除去することをも可能にする。

40

【0085】

そのような第一のファイアリング (熱分解) の効果によって、半完成品が、炭化温度即ち熱分解温度での揮発性物質のロスに起因して或る程度の多孔性を確保して、ポーラスカーボン構造に変質する。

【0086】

有益的には、成形された本体の表面を仕上げる工程を、熱分解ファイアリングの終りに更に実施することができる。有益なことに、これは、所望の形状を得られるように、一般

50

的な設備によって齎された本体の表面歪みを取り除くことを可能にする。

【0087】

この仕上げ処理は、乾燥態様で、例えば、ダイヤモンド工具で実施するのが好ましい。

【0088】

その後、ポーラスカーボン構造にケイ素の存在下で（ケイ素浸透）、ケイ素を溶解させてポーラスカーボン構造の多孔内にケイ素が浸透するのを可能にさせるような温度で、第二のファイアリングを施し、こうして、複合セラミック構造が得られる。

【0089】

第二のファイアリングを実施するために、熱分解された成形本体を、本体自体の容積の約二倍の容積を有する容器のチャンバー内に挿入して、半完成品を取り囲む本体とケイ素容器との間の空積（air space）を満たす。こうして、使用されるケイ素の量は、半完成品の多孔を満たすのに必要な量或いはそれより僅かに多い量である。

【0090】

粒状の又は粉末状の、純粋なケイ素又はケイ素とアルミニウム又は銅との合金を上記した空積を満たすために用いられる。

【0091】

チャンバーは、ファイアリング中に放出されるガスを逃すことを可能にする適切な穴を介して外部と連通している。

【0092】

ケイ素を充填した後に、容器を1400℃～1700℃の温度に加熱された一般的な専用の炉内に入れる。この温度で、ケイ素は溶融し、半完成品の多孔内に浸透する。

【0093】

ファイアリングは、0.1メガバールと10メガバールとの間の残留圧力、好ましくは、0.3メガバールと2メガバールとの間の残留圧力で、真空中で実施される。

【0094】

ファイアリングの終りに、残留ケイ素が容器から回収し易い小さなボール状に凝固することを可能にするために、複合材料を例えばアルゴンで、好ましくは、窒素で冷却する。

【0095】

ケイ素が浸透することにより、カーボンフィラメント束の結合を増加させ、同時に、第二のファイアリングの状態において溶融ケイ素が、半完成品の炭素と或る程度反応して、材料の結合特性を向上させる効果を有する炭化ケイ素を生成する。

【0096】

この工程の終りに、半完成品は、その全外側表面をコーティングするスキンのようなケイ素の層を有するようになる。

【0097】

炉におけるファイアリング、即ち、熱分解とシリケート処理（silication）は、単一の炉内で実施するのが有益であり、それにより時間の減少と製造設備の複雑さを低減させることができる。

【0098】

本発明に係る方法の第二の実施形態によれば、ブレーキバンド本体の複合セラミック構造の製造は、複数の補強ファイバーをフィラメントと有機バンダーとの混合物中に導入することを意図している。そのようなファイバーは、クラックの蔓延を阻止するために本体の側面（profile）に沿って延在するように配置される。

【0099】

これらの補強ファイバーは25mmよりも長い、好ましくは、35mmよりも長い長さを有しているのが有益である。例えば、これらの補強ファイバーは、ブレーキバンドをベルに連結するための座部状の領域のような、クラック及び又はひび（flaw）を生じやすい幾何学的領域の全側面に沿って延びている。

【0100】

複合材成分の含有量は、その材料の容量に対する容量%で、例えば、下記のように変え

10

20

30

40

50

ることができる。

- ・フィラメント束：40%～70%、好ましくは、50%～60%。
- ・バインダー：5%～30%、好ましくは、15%～25%。
- ・添加物：0.5%～20%、好ましくは、1%～15%。
- ・補強ファイバー：4%～30%、好ましくは、10%～20%。

【0101】

補強ファイバーは、成形工程に先立って、金型内に直接に入れられたフィラメントとバインダーとの混合物内に配置するのが有益である。

【0102】

有益的には、そのような補強ファイバーは、例えば、ディスクの環状部に沿って例えば多く配置させることができ、好ましくは、ブレーキバンドとベルとの間の内側接続径の近くに配置させることができる。

10

【0103】

補強ファイバーは複合成分に関して実質的に不活性であって、ディスクの成分材料の調製中にそれらの品質が低減することを避けるために、ケイ素浸透温度と熱分解温度で十分な耐性を有していることが有益である。

【0104】

この目的のため、補強ファイバーの材料は、カーボンファイバーであることが好ましい。兎に角、ケイ素との相互作用の温度に耐えるのに好適な、例えば、プラチナの如き金属材料に加えて、SiC、Si₃N₄及びTiCのようなその他の材料を用いることができる。

20

【0105】

補強ファイバーは、様々な態様で材料中に組み込むことができる。例えば、所定の方向に従って配置される複数の束として区分けすることができる。

【0106】

そのような方向は、例えば、横糸及び縦糸方向であってよく、それら束は、例えば、クラックの生成及び又は蔓延に関係する全体の領域を被覆するのに好適なファブリックを構成する。

【0107】

それに代えて、補強ファイバーは紡ぎ結合されたファブリック (spunbonded fabric)、例えば、フェルトを構成していてもよい。

30

【0108】

補強ファイバーは、ディスク本体の一つ又はそれ以上のインナー層を更に構成するものであってもよく、その層は、制限的ではないが、ブレーキ面の少なくとも一方と平行及び又は少なくとも一方のブレーキ面を横切っていてもよい。

【0109】

フィラメント束及び又は補強ファイバーは、上述した方法に従って使用される前に、予め保護樹脂、好ましくは、ポリウレタンでコーティングすることができる。

【0110】

それに代えて、フィラメント束及び補強ファイバーは、混合物を調製するために用いられるのと同じ有機バインダーで予めコーティングすることができる。

40

【0111】

こうして、高度に結合した材料とよりコンパクトな製品が得られる。

【0112】

成形された本体の熱分解中に、樹脂と有機バインダーが炭化して、フィラメント束と補強ファイバー上に保護層を形成してそれらの何らかの品質低下又はケイ素による後続の処理における溶解さえも阻止する。

【0113】

こうして、フィラメント束と補強ファイバーは、全体の処理において当初の形状を維持し、それにより、良好な結合と耐性とを備えた材料が得られる。

50

【0114】

有益なことに、混合物への補強ファイバーの組み込みは、様々な態様で行うことができる。

【0115】

本発明の好ましい実施形態によれば、そのような組み込みは、i) 混合物の第一の層を金型の側面に沿って配置し、ii) 混合物の前記第一の層上に、クラックの蔓延を阻止するために前記側面に沿って延びるように複数の補強ファイバーを付加し、iii) 前記複数の補強ファイバーを完全に覆うように前記第一の層上に、混合物の第二の層を配置するという工程に従って実施される。

【0116】

上述した層形成作業は、補強ファイバーの各層がフィラメント束を含んだ混合物の二つの層の間に組み込まれた多層複合材料が得られるように所定の回数繰り返すことができる。

【0117】

補強ファイバーは、所定の方向に沿って配置される複数の束の形態で混合物に付加することができる。

【0118】

そのような所定の方向は、例えば、横糸方向及び縦糸方向であってよく、こうして、そのような束はファブリックを構成する。これに代えて、補強ファイバーのマルチ束を互いに結び付け又は編んで、ファブリックを作るための一つの横糸又は縦糸を形成することができる。

【0119】

ファブリックは、例えば、cm毎に2〜30本の補強ファイバー、好ましくは、cm毎に5〜8本の補強ファイバーを含んでいてもよい。

【0120】

これに代えて、補強ファイバーは、例えば、フェルトのような不織ファブリックを構成するものであってもよい。

【0121】

混合物中に組み込まれる補強ファイバーの量は、最終複合材料中における補強ファイバーの所望の含有量と相関関係にあり、その含有量は、例えば、材料の容積の4〜30容量%、好ましくは、10〜20容量%である。

[実施例1]

【0122】

本発明に係るブレーキディスクのブレーキバンド複合構造を製造するための方法の上記第二の実施形態による複合材料の調製方法の一例について後述する。

【0123】

0.3mmと0.5mmとの間の直径と5mmと10mmとの間の長さを有する65%のカーボンフィラメント束と、23%の乾燥フェノール系樹脂と、12%のSiCを含む混合物（混合物の容量に対する容量%）を周知のタイプのミキサー、例えば、アイリッシュミキサー（Eirich mixer）で調製した。

【0124】

そのミキシングによって、フィラメント束がランダムに配分した。

【0125】

その混合物の一部を、335mmの内径と70mmの高さを有する環状金型のキャビティ内に入れて、層を成形した。

【0126】

通常の方法によって調製されて、cm毎に6本のファイバーを有する環状のカーボン補強ファイバーのファブリックを上記層の上に配置した。このファブリックの補強ファイバーは、0.3mmと0.5mmとの間の直径を有し、ポリウレタンが含浸された3000単位、即ち3Kの束を構成している。

10

20

30

40

50

【0127】

次に、上述したファブリックを、前記金型が満たされるまで、更に混合物で覆った。

【0128】

次に、ディスクとして成形されるラフな本体、即ち、「未加工本体 (green body)」を成形するために、金型を100℃に加熱し、30バールの圧力を付加することにより、ファブリックを含んだ混合物を成形した。

【0129】

次に、金型からそのラフな本体を取り出して、炉中で12時間1100℃の温度で焼いた。そのファイアリング（熱分解）は、30リットル／分の流量で炉に供給されるアルゴン流による不活性雰囲気下で、30メガバールの超過圧力を掛けて実施した。

10

【0130】

そのファイアリングの後に、通常の態様で、例えば、ダイヤモンド工具によってそのディスクにドライ仕上げを施した。

【0131】

その時点で、そのラフなディスクを、ガス排出用穴を備えた容器内に置いた。次に、この容器を粒子状のケイ素で満たした。次に、その容器を炉内で1500℃まで加熱して、8時間放置した。次に、ファイアリングを、真空中で2メガバールの残留圧力で、或る程度実施し、その後、連続した窒素流で炉の内部を冷却した。

【0132】

材料の容量に対して容量％で表現される複合材料の組成は次の通りであった。フィラメント束が55％、添加物が10％、補強ファイアーが15％、バインダー熱分解によって生成される産出物が20％。

20

【0133】

冷却後こうして得られたディスクに、その表面から歪を取り除いて、後述する後続工程のための所望の精度と公差を持った形状にするために、ダイヤモンド工具による仕上げを施した。

【0134】

本発明の第三の実施形態によれば、複合材料を作るのに用いられるカーボンファイバーに次のサブ工程を含んだ前処理を施すことが意図されている。

【0135】

30

フィラメント形態のカーボンファイバー、フィラメント束又はファブリックを、（例えば、フラン系又はフェノール系）合成樹脂で被覆する。

【0136】

次に、存在するエアーを放出させるためにファイバーを金型内で一体に圧縮させ、その樹脂を凝固させて成形圧を維持させる。

【0137】

次に、こうして得られた製品に、1250℃までの最大温度、好ましくは、850～950℃までの最大温度の不活性雰囲気中で、炭化処理を施す。好ましくは、300℃と600℃との間の範囲での加熱速度は遅くなくならず、例えば、4℃／hに等しい。

【0138】

40

次に、その炭化された製品に、真空中で、有機化合物（例えば、フェノール系樹脂、フラン系樹脂及び又はピッチ）を含浸させて、この場合にはより早い速度で、再び炭化処理を施す。この第二の含浸／炭化処理は、得られた製品上に別のカーボン層を形成して何らかの多孔を閉塞することを目的とする。

【0139】

次に、こうして得られた製品に、1800℃と2400℃との間の温度で、普通の態様で、黒鉛化処理 (graphitising process) を施す。

【0140】

この時点で、研削盤を用いて製品を細かくちぎって、黒鉛化されたカーボンファイバーの片を確保する。

50

【0141】

次に、こうして得られた材料を有機バンダー（例えば、フェノール系樹脂及び又はフラン系樹脂）と混合させる。

【0142】

次に、こうして得られた混合物に、その中の樹脂を硬化させるために、30分と5時間との間の時間、10バールと30バールとの間の圧力で、金型中で成形処理を施す。

【0143】

次に、こうして成形された本体に、850℃と1250℃との間の温度の不活性雰囲気中で、炭化处理（熱分解）を施す。

【0144】

黒鉛化处理は、1800℃と2200℃との間の温度で実施するのが有益である。

【0145】

次に、炭化された本体に、1450℃と2200℃との間、好ましくは、1650℃と1750℃との間の温度で、ケイ素浸透処理を施す。ケイ素の多孔質本体への浸透及びSiC生成に必要とされる温度に一旦達すると、その処理は、10分と1時間との間の時間続けられる。

【0146】

上述した方法の何れかの実施形態によれば、構成要素、例えば、ブレーキバンドを形成するための、ブレーキバンドの複数のパーツを作って、例えば、接着剤でそれらパーツを互いに組み合わせる。こうして、通気性ブレーキバンドの場合の通気ダクト又はチャンネルに特殊な形状を付与させることを可能にすると共に、ブレーキバンドの本体に対するブレーキ面の近くに、別の特徴を持って、ブレーキフランジの層を形成することができる。

[実施例2]

【0147】

本発明に係るブレーキディスクのブレーキバンド複合構造を作るための方法の上記第三の実施形態による、複合材料の調製についての一例について後述する。

【0148】

カーボンフィラメント束3Kを、約1時間、フェノール系樹脂の混合液（14%の水）に混ぜた。

【0149】

その混合物に、140℃の温度、5N/mm²の圧力で、金型内で成形及び硬化処理を施した。

【0150】

次に、こうして成形された本体に、144時間の間、900℃の最終温度まで、熱分解処理を施した。

【0151】

熱分解処理の終りに、その製品に、8時間、950℃の最大温度まで含浸と熱分解の二つの処理を再び施した。

【0152】

次に、こうして得られた製品に、不活性雰囲気中で2200℃まで加熱する20分の黒鉛化处理を施した。

【0153】

次に、このように処理された製品を、0.25mmと2mmとの間のサイズを有する粒子の48%に相当するフラクシオンと、2mmより大きいサイズの粒子の1%に相当するフラクシオンを確保するために、細かくした。

【0154】

次に、その細かくされた材料を、15分間、タールピッチ（tar pitch）上の化石石炭のマикро粒子（micro-granules）が添加されたフェノール系樹脂と混合させた（粒子サイズ≤20μm）。重量%で示したその組成は、次の通りである。フェノール系樹脂が31.9%、ピッチが9.6%、細かくされた材料が58.5%。

10

20

30

40

50

【0155】

次に、こうして得られた混合物に、その中の樹脂を硬化させるために、2時間、15バールの圧力及び150℃の温度で、金型中で成形処理を施した。

【0156】

次に、こうして成形された本体に、144時間、900℃の最大温度までの不活性雰囲気中で炭化処理（熱分解）を施して、次に、2200℃の温度で、アルゴン雰囲気中で、15分間黒鉛化処理を施した。

【0157】

次に、炭化された本体に、1750℃の温度で、真空ケイ素浸透処理（3メガバールの絶対圧力）を施した。

10

【0158】

上述したように、ケイ素浸透処理の終りに、ブレーキバンド本体は、カーボンフィラメント束が埋没した、SiC（炭化ケイ素）相とSi（ケイ素）相を含んだ複合セラミック構造から成る少なくとも一つの表面層を有するようになる。そのような表面層は、実質的にケイ素、或る場合には、炭化ケイ素から成る連続した薄膜でコーティングされる。

【0159】

本発明に係る製造方法によれば、シリケート処理工程の終りに、一旦冷却された、複合セラミック材料の本体に、二つの対向した平坦で平行なブレーキ面を確保するために、機械的処理を施す。

【0160】

20

この機械的処理は、本体表面の一部に関係するもので、通常の態様で、ドライ又はウェット状態で実施することのできる表面仕上げ、特にブレーキ面仕上げ処理を含んでいる。

【0161】

そのような処理は、ケイ素を含んだ上記連続した薄膜を除去し、上記ブレーキ面の平坦性を確保して、ブレーキ面上に存在する何らかの歪みを取り除くことを主な目的としている。

【0162】

こうして、この機械的処理の終りに、ブレーキ面では、ケイ素／炭化ケイ素の薄膜が完全に除去され、こうして、カーボンフィラメントが埋没している状態の、ケイ素と炭化ケイ素とのマトリックスから成る表面層がむき出しにされる。

30

【0163】

従って、ブレーキ面において、ブレーキバンドは、その表面にむき出しになったカーボンファイバーフィラメントを有する。

【0164】

後述する用語「表面」は、約500μm（0.5mm）までの最大深さの材料について言うものとする。

【0165】

図4に示した顕微鏡写真において、シリケート処理及び機械的仕上げ処理後のブレーキ面の表面状態を見ることができる。特に、図4の拡大した写真においては、ケイ素相と炭化ケイ素相を示したブレーキ面の部分を見ることができる。

40

【0166】

図5に示した顕微鏡写真において、表面から出ているファーバー束のカーボンファイバーが存在するブレーキ面の部分を、より拡大した状態で見ることができる。

【0167】

本体の機械的処理後に、有益であるが、必ずしも必要ではない、内部チャネルとディスク内部を酸化から保護するために、複合セラミック材料の本体に酸化防止剤を含浸させる工程を含めることができる。

【0168】

本発明の一実施形態に依れば、酸化防止物質は、有機溶剤、好ましくは、フルフリルアルコール中に溶解したフェノール系樹脂溶剤である。

50

【0169】

有益的には、フルフリルアルコール中のフェノール系樹脂溶剤には、カーボン粉末及び又は炭化ケイ素粉末を添加することができる。

【0170】

本発明による方法は、この時点で、ブレーキ面でケイ素と結合していない表面カーボンを取り除く工程を含んでいる。

【0171】

本発明の基本的な観点によれば、表面カーボンを取り除く工程は、詳細に後述する固定基材と保護コーティングの下で、コーティング自体に平行な優先的酸化パス (p r e f e r e n t i a l o x i d a t i o n p a t h) を作るように相互連結したカーボンファイバーが最終製品に出現するのを阻止することを実質的に目的としている。

10

【0172】

そのようなパスが存在することによって、実際に、ブレーキディスクの寿命が縮められる。(ブレーキディスクの高い及び非常に高い運転温度及び保護コーティングを浸透している酸素の存在に起因して不可避免的に誘発される)、経時的な、そのようなパスに沿ったカーボンファイバーの燃焼によって、固定基材と保護コーティングとに平行な微小なキャビティの生成を引き起こして、コーティング自体の結果的な剥がれでクラック及びひび (f l a w) が蔓延した状態を作り出してしまう。

【0173】

表面カーボンの除去は、好ましくは、最小0.1mmと最大0.6mmとの間の深さまで、より好ましくは、0.2mmと0.5mmとの間の深さまで実施する。表面カーボンの除去を0.1mmより少ない深さに限定すると、フィラメントの全ての空間配列とそれらの直径を考慮した場合に、残りのカーボンフィラメントが互いに完全に分離することを担保することができないことが銘記された。

20

【0174】

他方、カーボン除去の上限深さは、最終的な保護コーティングが有する最大値によって決定される。カーボン除去を0.6mmより大きい深さまで実施すると、ある点では、コーティングの厚さが0.7mm~1mmを越えて、有害な張力を生じさせて、その結果クラック及びひびを発生させるという高いリスクを持つことになる。

【0175】

本発明の好ましい実施形態によれば、表面カーボンの除去は、特に、研磨材ジェット (a b r a s i v e j e t) でブレーキ面をクリーニングすることにより機械的に実施される。

30

【0176】

好ましくは、SiC (炭化ケイ素) 粉末又はコランダム (Al_2O_3) 粉末が研磨材として用いられるが、SiとSiCの相での除去を少なくさせることを意図する場合には、ムライト ($3Al_2O_3 - 2SiO_2$) 粉末又はガラス粉末を用いることができる。

【0177】

使用可能な粉末は、平均直径が200µmと500µmとの間である粒度を有しているのが有益である。

40

【0178】

クリーニング工程は、圧縮エアーが供給されるノズルを備えた自動サンドブラस्टینگ・システムを用いて実施するのが好ましい。利用可能なシステムの一例は、Airblast社製の、Blast Cabinet (商標) mod. ABD 1500又は(図6に示されている) Indirect 601 Pressure Systemである。

【0179】

粉末状の研磨材は、圧縮エアーによって運ばれて、ノズルによって処理される部品に当てられる。ノズルは、8mmと12mmとの間で変えることのできる直径を有し、炭化ホウ素 (B_4C) のような、使用される研磨材粉末 (コランダム、ムライト、ガラス、Si

50

O₂, SiC) よりも硬い材料から作られている。

【0180】

使用される研磨材粉末の速度は0.6リットル／分～2リットル／分で、エアーの速度は約5m³／分であるのが好ましい。

【0181】

研磨材ジェットは、1パールと5パールの間の可変圧力を有しているのが好ましい。

【0182】

自動サンドブラस्टینگ・システムは、閉塞された作動チャンバーを備え、そのチャンバー内には、少なくとも一つの移動ノズルと、処理される部品が載置されるターンテーブルが配置されているのが有益である。

10

【0183】

可能な限り均一なクリーニング処理を実施することができるようにするために、処理される部品をターンテーブルによって5rpmと10rpmとの間の速度で回転させ、他方、ノズルを1mm／秒と4mm／秒との間の速度、好ましくは2mm／秒の速度で、部品に対する放射方向へ移動させる。

【0184】

ノズルは、処理される部品の表面から180mmと220mmとの間の距離、好ましくは200mmの距離を維持させるのが好ましい。

【0185】

クリーニング処理の長さは、カーボン除去の深さによって決定される。上述の操作条件において、約500μmの粒度を有するSiC粉末を利用すると、クリーニング処理時間は、100μmまでの深さを除去するために最少10分から600μmまでの深さを除去するための最大30分まで変えられる。

20

【0186】

研磨材ジェットでのクリーニング工程の終りに、エアージェットで残留粉末を部品から吹き飛ばすのが有益である。

【0187】

本発明の別の実施形態に依れば、表面カーボンの適用は、燃焼によって実施することができる。

【0188】

表面カーボン燃焼は、制御された雰囲気にある炉内で部品を燃焼させることにより実施するのが好ましい。

30

【0189】

特に、炉内での燃焼は、18%と20%の間の平均容量%、好ましくは、19容量%の酸素(O₂)で実施される。

【0190】

燃焼は、550℃と1400℃の間の範囲の温度、好ましくは、600℃と1,000℃の間の範囲の温度で実施するのが有益である。

【0191】

特に、燃焼処理時間は、30分と4時間の間、好ましくは、2時間である。

40

【0192】

効果的には、複合セラミック材料のディスクは、カーボン燃焼反応を引き起こす、550℃を越える温度で、酸素の存在下で加熱される。その温度は、結果的にディスクの崩壊をもたらすケイ素の溶融が始まる温度である1430℃を越えてはならない。

【0193】

燃焼の深さレベルは、処理の長さ、温度及び燃焼空气中に酸素の割合によxて決定される。

【0194】

温度は、カーボン燃焼をブレーキ面のみに限定して、望ましくないケイ素酸化現象が始まるのを阻止するために、1,000℃より低く維持される。

50

【0195】

こうして、ブレーキ面に属しない部分に存在するカーボンは燃焼されないで、前段階の機械的処理工程中に除去されなかったSi-SiC薄膜によってブレーキ面は保護される。

【0196】

部品は、19%相当の中間%の酸素(O_2)で、制御された雰囲気中で650℃まで加熱することができ、約2時間そのような温度に部品を維持することが有益である。加熱ランプ(heating ramp)と処理時間は、炉内に詰め込まれる部品の量によって決定される。

【0197】

Si-SiC薄膜が存在しないブレーキ面においては、カーボン燃焼は部品表面から内方へ次第に進み、実質的には、空積とSi-SiCマトリックスの多孔の内部での拡散酸素現象によって調整される。この現象は、ブレーキ面における部品の最も奥のカーボン構造を質の低下から防ぐのにも貢献する。

【0198】

上述した例に代えて、表面カーボン燃焼は、例えば、ウエルダーランプ(welder lamp)タイプの直接炎(direct flame)を用いたフラッシング(flashing)によって実施することができる。この場合には、燃焼に関係するゾーンは、その炎に晒される部分即ちブレーキ面である。

【0199】

表面カーボン除去工程の終りに、ブレーキバンドの本体は、Si-SiC-カーボンマトリックス(実質的には、ファイバーの形態)から成るコアを有するようになり、既に処理された部分(ブレーキ表面)に関しては、SiとSiCとから成る表面層が、表面カーボンの除去に起因した微細なキャビティとクレーターとを有するようになる。

【0200】

これらの微細なキャビティは、カーボン除去が実施された層の厚み(<0.6mm)に等しい最大深さと、燃焼した又は除去されたカーボンファイバーの配列に関係した表面伸長とを有している。

【0201】

研磨材ジェットでのクリーニング工程後のブレーキバンドの複合構造本体の部分を示した図8の顕微鏡写真から、微細なクレーター(同図中に矢印で示した)の存在を確認することができる。

【0202】

本発明の好ましい実施形態によれば、表面カーボンの除去工程の後に、ケイ素と結合していないカーボンが既に選択的に除去されたブレーキ面において、固定基材を蒸着する工程と、その固定基材の上に保護コーティングを蒸着する工程とを順次実施する。

【0203】

固定基材は、機械的見地から、保護コーティングを表面下の複合セラミック構造から分離させずに保護コーティングを複合セラミック構造に接着させることを可能にする。

【0204】

上述したように、固定基材をデポジットする工程は、ケイ素と結合していないカーボンを除去する工程の後に実施される。

【0205】

その固定層は、ケイ素と結合していないカーボンの除去に起因して生じた微細なキャビティをほんの部分的に塞いでいることが有益である。固定層は、微細なキャビティを部分的に塞いで、連続体を形成するように厳密にキャビティの側面(profile)に追従しているのが好ましい。

【0206】

こうして、固定基材をデポジットする工程の後であっても、ブレーキ面は、表面下にある複合セラミック構造に対する保護コーティングのグリップングを可能にするような微細

10

20

30

40

50

な凸凹を依然として有している。

【0207】

好ましくは、固定基材は、金属材料から形成される。

【0208】

その金属材料は、夫々個別に又は合金として用いることのできるニッケル（Ni）、アルミニウム（Al）、クロム（Cr）及び銅（Cu）を含んでいるのが有益である。

【0209】

本発明の好ましい実施形態によれば、その金属基材は、重量%にして1%～30%の間の量のアルミニウム（Al）を含み、残部がニッケル（Ni）である。

【0210】

特に好ましい実施形態に依れば、重量%にして95%のニッケルと残部が5%のアルミニウムから作られた固定基材が提供される。

【0211】

本発明の他の実施形態に依れば、固定基材は、ニッケルとアルミニウム以外に、銅（Cu）と、銅と共に又は銅に代えてクロム（Cr）を含んでいる。

【0212】

クロムと銅は、夫々、約10%相当の重量%の量まで固定基材中に存在させることができる。

【0213】

固定基材は、30 μmと200 μmとの間の範囲の厚みを有しているのが好ましい。

【0214】

更に好ましくは、固定基材は、50 μmと100 μmとの間の範囲の厚みを有している。

【0215】

30 μmより薄い厚みであると、保護コーティングと表面下にある複合セラミック構造との間の非分離性を担保することができなくなり、200 μmを越える厚みであると、異なった熱膨張に関する張力を生じさせることとなる。

【0216】

固定基材は、プラズマ蒸着によってデポジットするのが好ましい。

【0217】

基材のプラズマ蒸着は、その基材を作るのに用いられる粉末の酸化（特に、金属の場合に）を防止するために、制御された雰囲気中、（例えば、Controlled Atmosphere Plasma Spray Techniqueを用いて）実施するのが有益である。

【0218】

本発明の好ましい実施形態に依れば、保護コーティングもプラズマ蒸着によってデポジットされる。

【0219】

プラズマ蒸着処理は、実質的には、被覆される対象物の表面に溶解した又は部分的に溶解した材料をスプレーすることにより成る。

【0220】

図7に図示されているように、粉末状の材料が、非常に高温（30,000℃に達していてもい）のプラズマジェットで噴射される。その粉末は、そのジェット流で高速に加速されて、プラズマからの熱伝達によって融解温度に加熱される。粉末は被覆対象物の表面に向けられて、衝突後に、重なった粒子から成る複数の層から成るコーティングを生成させる。

【0221】

この蒸着処理は、基材の機械的特性を変化させないという見地から、基材を150℃を越えて加熱しないというものであるため、コールド処理とよばれている。

【0222】

兎に角、エアー又は液状ガス冷却システムによって基材を低い温度に維持させることができる。

【0223】

好ましくは、固定基材と保護コーティングの双方の蒸着のために、非移行型アークプラズマトーチ (non-transferred arc plasma torch) を備えた装置が用いられる。

【0224】

そのトーチは、銅アノードとタングステンカソードとを備えている。トランスポートガス (transport gas) がカソードの回りに流されて、ノズル状のアノードを流れる。このトランスポートガスは、アルゴン、窒素、ヘリウム、又は、水素と組み合わせ

10

【0225】

プラズマは、通常は高周波放電に先行される、その電極間の直流アークによって活性化される。電圧と電流は、カソード／アノードジオメトリーで変わり、ガスの流れと組成に基づいて変わる。電気アークを介して発生させられるプラズマは、自由電子とイオン化原子と中性原子とから成る。アノード／カソード構成、ガス密度、流れの速さ及び電力が、プラズマの温度と速度を決定する。

【0226】

一般的なトーチのプラズマジェットスピードは、音速より遅い (subsonic) であるが、臨界出力角度 (critical output angle) を有するダイバー

20

【0227】

好ましくは、スプレイされる材料の粉末は、ノズル出力 (アノード) のところで、直接的に供給ダクトを介したプラズマジェットにおいてチャージされる。

【0228】

好ましくは、プラズマ蒸着で用いることのできる粉末の粒度は、 $5\ \mu\text{m}$ と $60\ \mu\text{m}$ の間である。より好ましくは、固定層蒸着に関しては、粉末粒度は、 $20\ \mu\text{m}$ ～ $45\ \mu\text{m}$ である。

30

【0229】

単一の粉末成分の均一な加速と加熱を達成するためには、極小粒度分布を確保することが必要である。非常に細かい粉末は、より素早く加熱且つ加速されるが、同時に、より大きな距離にスプレイされた時に運動量 (momentum) を素早く失う傾向にある。更に細かい粉末は、トーチに操作上の問題を齎す傾向もある。大きな粒度の粉末を使用することにより余分なコストが掛るとしても、それは、より高い蒸着能率とより良好な蒸着品質とを齎すこととなる。

【0230】

純粋な Al_2O_3 粉末、又は、 TiO_2 と混合された Al_2O_3 粉末を保護コーティングのために使用するのが好ましく、重量にして、 $97/3$ 、 $87/13$ 、 $60/40$ の%

40

【0231】

本発明の好ましい実施形態に依れば、保護コーティングのために純粋な Cr_2O_3 粉末が用いられる。

【0232】

更に別の二つの実施形態に依れば、重量%にして、 50% の Cr_2O_3 と、 50% の、 Al_2O_3 と TiO_2 との混合物とから成る粉末と、重量%にして、 50% のハステロイ (Hastelloy) C と、 50% の、 Al_2O_3 と TiO_2 の混合物とから成る粉末が、保護コーティングのために用いられる。

【0233】

50

然しながら、金属又は非金属の粉末、好ましくは、純粋なTi又はSi或いは混合されたTiとSiをも有益に用いることができる。

【0234】

好ましくは、70/30～99/1の重量%比率のNi（ニッケル）粉末とAl（アルミニウム）粉末の混合物が、固定層のために用いられる。そのような混合物に、夫々10重量%までのCr（クロム）粉末及び又Cu（銅）粉末を添加することができる。

【0235】

特に好ましくは、重量%にして95%までのニッケルと残部が5%までのアルミニウム（Al）との混合粉末が用いられる。

【0236】

特に有益な実施形態においては、固定基材については、Ni 95%/Al 5%で構成し、保護コーティングについては、純粋なAl₂O₃、又は、上述した好ましい重量%比率に従ったAl₂O₃とTiO₂との混合物で構成される。

【0237】

保護層を形成するために用いられる材料が、Al₂O₃及びTiO₂のように酸化状態にある場合には、蒸着は、所謂、大気圧プラズマ溶射技術（Atmospheric Plasma Spray（APS）technique）を用いて、酸素の存在下で、又は、標準の雰囲気（大気）条件で、実施することができる。

【0238】

保護コーティング又は固定コーティングの化学的・物理的特性を変化させてしまう望ましくない酸化反応が生ずることを防止するために、Ni、Al、Cr、Cu又はTiのような非酸化状態の金属を用いる場合には、蒸着は、酸素が存在しない状態で、又は、少ない酸素の存在下で実施しなければならない。

【0239】

この場合には、プラズマ蒸着は、所謂、真空プラズマスプレイ（VPS）技術を用いて真空中で実施するか、又は、部分真空（LVPS＝低真空プラズマスプレイ（Low Vacuum Plasma Spray））で実施するか、或いは、不活性ガスの制御雰囲気（CAPS＝雰囲気制御プラズマ溶射（Controlled Atmosphere Plasma Spray））で実施する。

【0240】

一般に、プラズマ蒸着技術で、0.05mm～0.5mmの範囲の厚さを有する固定基材と保護コーティングが得られる。

【0241】

効果的には、用いられるスプレイプラズマシステムは、閉塞された作動チャンバーを備え、そのチャンバー内で、少なくとも一つのスプレイノズルが作動し、そのチャンバー内には処理される少なくとも一つの部品が載置される旋回自在なプラットフォームが配置されている。

【0242】

可能な限り均一なスプレイを実施するために、処理される部品を5rpmと10rpmの間の速度で回転させ、他方、ノズルを1mm/秒と4mm/秒の間の平均速度、好ましくは、約2mm/秒の速度で、部品に対する放射方向に移動させる。

【0243】

ノズルは、同じ表面部分を複数回通過させるのが有益である。

【0244】

放射方向の速度は、均一な蒸着厚みを確保するために、周囲から中央への通過を増加させるようにコントロールされる。

【0245】

例えば、60°のノズルを有する単一のカソードを備えた、Sulzer Metco社製のPlasma Spray PM 9MB装置を用いることができる。この装置は、60kWの電力を消費し、10μmの粒度の粉末を30rpmの速度で処理することが

10

20

30

40

50

できる。用いられるキャリアガスは、HeとArとの混合物である。

【0246】

コーティングの厚さは、処理の長さと、プラズマトーチによって供給される材料の速度によって決定される。

【0247】

固定基材のプラズマ蒸着の蒸着時間は、3分と5分の間が好ましい。粉末速度の値は、30rpmの範囲内である。

【0248】

保護コーティングのプラズマ蒸着の蒸着時間は、20分と35分の間が好ましい。粉末速度の値は、30rpmの範囲内である。

10

【0249】

蒸着工程の終りに、ブレーキバンド本体は、好ましくは0.2mmと0.7mmとの間の平均厚み、更に好ましくは0.2mmと0.5mmとの間の平均厚みを持った保護コーティングを有するようになるのが好ましい。

【0250】

上述したところに代えて、保護コーティングは、フレイムスプレイ(Flame Spray)、HVOF(High Velocity Oxygen Fuel Thermal Spray Process)、アークスプレイ法(Arc Spray)又はデトネーションサーマルスプレイ法(Detonation Thermal Spray Process)によって蒸着することもできる。これらの処理法は、スプレイキャリアを燃焼させるものであり、従って、コーティングを構成する材料の酸化を齎すという限界を露呈する。

20

【0251】

従って、そのような技術は、非酸化状態の金属粉末を用いるという好ましい実施形態に従って固定基材が作られる場合には、その固定基材の蒸着には好ましくはない。

【0252】

保護コーティングの蒸着工程の後に、ブレーキ面を機械的に仕上げるのが好ましい。

【0253】

そのような機械的処理は、所望の粗さ、平面性及び厚さを確保するためにブレーキ面を研磨することを目的とするものである。この目的のために、ダイヤモンド工具が用いられる。

30

【0254】

特に、この機械的仕上げ工程によって、保護層の厚みを減少させて、0.5mmより小さく、好ましくは、0.1mmと0.3mmとの間、更に好ましくは、0.2mmの厚さにさせることができる。

【0255】

この機械的仕上げ工程は、保護コーティングが1μmと3μmとの間の粗さRAを持たせるように実施するのが好ましい。

【0256】

機械的仕上げ工程は、ブレーキ面に所望レベルの平面性を付与するために実施するのが有益である。

40

【0257】

機械的仕上げ工程は、二つのブレーキ面に所望レベルの平行性を付与するために実施するのが有益である。

【0258】

この時点で、ブレーキバンド本体は、図10に示したタイプの製品を確保するために、例えば、トラクションベルに組み付けることができる状態になる。

【0259】

本発明による方法は、ディスクのブレーキバンドを作るために複合構造の様々な部分をアッセンブルする工程を含んでいてもよい。特に、そのような部分のアッセンブルは、グ

50

ルーイング (gluing) によって実施することができる。

【0260】

茲で、本発明による製造方法を適用したいくつかの実施例について記述することとする。それら実施例3, 4は、夫々、上記実施例1, 2について記述したところに従って作成した複合セラミック構造に係るものである。

【0261】

後述する全ての実施例においては、セラミック構造について、Si/SiC保護薄膜を有していないブレーキ面を確保することに向けられた機械的処理が既に施されていることを前提とし、従って、そのような表面は、Si相と、SiC相と、SiとSiC中に埋没し又は部分的に埋没しているカーボン相を有している。

10

[実施例3]

【0262】

実施例1について記述したところに従って得た複合セラミック構造のディスクを用いた。仕上げ処理に続いて、ケイ素/炭化ケイ素薄膜をブレーキ面から除去した。

【0263】

その本体に、Airblast社製のsandblasting system mod. ABD 1550を用いて、研磨材ジェットでクリーニング処理を施した。

【0264】

500 μm相当の粒度を有するSiC粉末を研磨材として用いた。そのジェットは、その速度を約1リットル粉末/分とし、その圧力を約2バールとした。

20

【0265】

ディスクは、ターンテーブルによって約6 rpmの速度で回転させ、他方、ノズルは、約2 mm/秒の速度で部品に対する放射方向へ移動させて、約200 mmの距離に維持させた。

【0266】

クリーニング工程の約25秒程度の終りにおいて、約0.3 mm～約0.5 mmの深さまでの表面カーボン除去が確保された。

【0267】

エアージェットで残留粉末を吹き飛ばした後に、ディスクに、プラズマ技術によって固定基材の蒸着処理を施した。

30

【0268】

コントロールされた雰囲気において作動するタイプの、単一のカソードと炭化ホウ素ノズルとを備えた、Sulzer Metco社製のプラズマスプレイ装置PM 9MBを用いた。この装置に、約30 rpmの粉末速度で、ニッケルとアルミニウムとの混合粉末(95/5の重量%比率、20 μmに相当する粒度)をチャージした。ArとHeとの混合物でプラズマを発生させた。

【0269】

約6 rpmの速度でディスクを回転させ、ノズルを約2 mm/秒の平均速度でその部品に対する放射方向へ移動させ、周囲から中央に向かって速度を増加させた。

【0270】

その処理を約3分間続けて、約60 μmの平均厚さを有する固定基材を確保した。

40

【0271】

次に、そのディスクに、プラズマスプレイ技術を用いて、保護コーティング蒸着処理を施した。

【0272】

保護コーティングをデポジットするために同じ装置を用いた。この装置に、約30 rpmの粉末速度で、Al₂O₃とTiO₂との混合粉末(96/4に相当する重量%比率、10 μmに相当する粒度)をチャージした。ArとHeとの混合物でプラズマを発生させた。

【0273】

50

ディスクを約6 rpmの速度で回転させ、ノズルを約2 mm/秒の平均速度でその部品に対する放射方向へ移動させ、周囲から中央に向かって速度を増加させた。

【0274】

その処理を約35分続けて、500 μmと600 μmとの間の平均厚さを有する保護コーティングを得た。

【0275】

冷却後に、ダイヤモンド工具を用いて、ディスクに最終仕上げ処理を施した。

【0276】

こうして、ブレーキ面に、約60 μmの平均厚さを有するNi 95% / Al 5%の固定基材と、約400 μmの平均厚さを有するAl₂O₃ 95% / TiO₂ 4%の保護コーティングを有するディスクが得られた。

10

[実施例3の2]

【0277】

保護コーティングを形成するために10 μmの平均粒度を有する純粋なAl₂O₃を用いた点を除いては、実施例3と同様な処理を実施した。

【0278】

こうして、ブレーキ面に、約60 μmの平均厚みを有するNi 95% / Al 5%の固定基材と、約400 μmの平均厚みを有するAl₂O₃の保護コーティングを有するディスクが得られた。

[実施例3の3]

20

【0279】

保護コーティングを形成するために10 μmの平均粒度を有する純粋なCr₂O₃を用いた点を除いては、実施例3と同様な処理を実施した。

【0280】

こうして、ブレーキ面に、約60 μmの平均厚さを有するNi 95% / Al 5%の固定基材と、約400 μmの平均厚さを有するCr₂O₃の保護コーティングを有するディスクが得られた。

[実施例4]

【0281】

実施例2について説明したところに従って得た複合セラミック材料のディスクを使用した。最終仕上げに続いて、ケイ素/炭化ケイ素薄膜をブレーキ面から除去した。

30

【0282】

Airblast社製のsandblasting system mod. ABD 1550を用いて、本体に研磨材ジェットでクリーニング処理を施した。

【0283】

研磨材として、300 μm相当の粒度を有するSiC粉末を用いた。ジェットは、その速度を約0.8 リットル粉末/分、圧力を約2 バールとした。

【0284】

ディスクを約7 rpmの速度でターンテーブルによって回転させ、ノズルを約1.8 m/秒の速度でその部品に対する放射方向へ移動させ、約200 mmの距離に維持させた。

40

【0285】

クリーニングの約30秒程度の終りにおいて、約0.4 mmの深さまで表面カーボン除去が確保された。

【0286】

エアジェットで残留粉末を吹き飛ばした後に、プラズマ技術によってディスクに固定基材蒸着処理を施した。

【0287】

コントロールされた雰囲気において作動するタイプの、単一のカソードと炭化ホウ素ノズルとを備えた、Sulzer Metco社製のプラズマスプレイ装置PM 9MBを用

50

いた。この装置に、約 30 rpm の粉末速度で、ニッケル (Ni) とアルミニウム (Al) とクロム (Cr) との混合粉末 (70/23/7 に相当する Ni/Al/Cr の重量% 比率、20 μ m に相当する粒度) をチャージした。Ar と He との混合物でプラズマを発生させた。

【0288】

ディスクを約 6 rpm の速度で回転させ、ノズルを約 2 mm/秒の平均速度でその部品に対する放射方向へ移動させ、周囲から中央に向かって速度を増加させた。

【0289】

約 4 分その処理を持続させて、約 80 μ m の平均厚みを有する固定基材を確保した。

【0290】

次に、プラズマスプレイ技術を用いて、ディスクに保護コーティング蒸着処理を施した。

【0291】

保護コーティングをデポジットするために同じ装置を用いた。その装置に、約 30 rpm の粉末速度で、Al₂O₃ と TiO₂ との混合粉末 (97/3 に相当する重量% 比率、15 μ m に相当する粒度) をチャージした。Ar と He との混合物によってプラズマを発生させた。

【0292】

約 6 rpm の速度でディスクを回転させ、ノズルを約 2 mm/秒の平均速度でその部品に対する放射方向へ移動させ、周囲から中央に向かって速度を増加させた。

【0293】

その処理を約 30 分続けて、約 500 μ m の平均厚みを有する保護コーティングを得た。

【0294】

冷却後に、ダイヤモンド工具でディスクに最終仕上げ処理を施した。

【0295】

こうして、ブレーキ面に、約 80 μ m の平均厚みを有する Ni 70%/Al 23%/Cr 7% の固定基材と、約 350 μ m の平均厚さを有する Al₂O₃ 97%/TiO₂ 3% の保護コーティングを有するディスクが得られた。

[実施例 4 の 2]

【0296】

保護コーティングを形成するために 15 μ m の平均粒度を有する純粋な Al₂O₃ を用いた点を除いては、実施例 4 と同様な処理を実施した。

【0297】

こうして、ブレーキ面に、約 80 μ m の平均厚みを有する Ni 70%/Al 23%/Cr 7% の固定基材と、約 350 μ m の平均厚みを有する Al₂O₃ の保護コーティングを有するディスクが得られた。

[実施例 5]

【0298】

0.1 mm と 0.5 mm との間の直径と 8 mm の平均長さとを有する 50% のカーボンファイバーと、45% の乾燥フェノール系樹脂と、5% のグラファイト粉末を含んだ混合物 (% は、混合物に対する容量% を意味する) をアイリッヒミキサーで調製した。

【0299】

ミキシングは 5 分続けた。

【0300】

内径が 33.5 mm で、高さが 70 mm の環状金型に混合物を充填して層にさせた。

【0301】

その金型を 160 $^{\circ}$ C の温度まで加熱して、約 40 分間その温度に維持させることにより混合物を形成させた。30 パールの圧力を付加して、ディスクとして形作られたラフな本体を得た。

10

20

30

40

50

【0302】

次に、そのラフな本体を金型から取り出して、950℃の温度で48時間炉中で焼いた。そのファイアリングは、30リットル／分の流速で炉内に供給されるアルゴン流での不活性雰囲気中で2メガバールと30メガバールとの間の超過圧力で実施した。

【0303】

その時点で、ラフなディスクをグラファイトるつぽ内に入れて、ディスクの重量の1.35倍に相当する99%の量のケイ素を加えた。

【0304】

次に、るつぽを炉内に入れて、1600℃まで加熱して、約0.5時間その温度に維持した。そのファイアリングを2メガバールの残留圧力で真空中で実施した。

10

【0305】

こうして得られたディスクに対して、冷却後に、平坦なブレーキ面を得るためにダイヤモンドホイールで機械的研磨処理を施した。

【0306】

次に、真空中で酸化防止剤をディスクに含浸させて、ディスクを600℃の不活性雰囲気(Ar)の炉中で乾燥させた。

【0307】

次に、Airblast社製のsandblasting system mod. ABD 1550を用いて、研磨材ジェットで本体にクリーニング処理を施した。

【0308】

研磨材としては、500μmに相当する粒度のSiC粉末を用いた。そのジェットは、その速度を約0.6リットル／分、その圧力を約2バールとした。

20

【0309】

ディスクをターンテーブルによって約6rpmの速度で回転させ、ノズルを約2mm／秒の速度で部品に対する放射方向へ移動させて、約200mmの距離に維持させた。

【0310】

クリーニング処理の約15秒程度の終りに、約0.2mmの深さまで表面カーボン除去が確保された。

【0311】

エアージェットで残留粉末を吹き飛ばした後に、プラズマ技術を用いてディスクに固定

30

【0312】

コントロールされた雰囲気において作動するタイプの、単一のカソードと炭化ホウ素ノズルとを備えた、Sulzer Metco社製のプラズマスプレイ装置PM 9MBを用いた。この装置に、約30rpmの粉末速度で、ニッケル(Ni)とアルミニウム(Al)と銅(Cu)との混合粉末(75／20／5の重量%比率に相当するNi／Al／Cu、20μmに相当する粒度)をチャージした。ArとHeとの混合物でプラズマを発生させた。

【0313】

ディスクを約6rpmの速度で回転させ、ノズルを約2mm／秒の平均速度でその部品

40

【0314】

その処理を約5分持続させて、約95μmの平均厚さを有する固定基材を得た。

【0315】

次に、プラズマスプレイ技術を用いて、ディスクに保護コーティング蒸着処理を施した。

【0316】

保護コーティングをデポジットするために同じ装置を用いた。その装置に、約30rpmの粉末速度で、Al₂O₃とTiO₂との混合粉末(97／3に相当する重量%比率、45μmに相当する粒度)をチャージした。ArとHeとの混合物によってプラズマを

50

生させた。

【0317】

約6rpmの速度でディスクを回転させ、ノズルを約2mm/秒の平均速度で部品に対する放射方向へ移動させ、周囲から中央に向かって速度を増加させた。

【0318】

その処理を約30分間持続させて、約400μmの平均厚みを有する保護コーティングを得た。

【0319】

冷却後に、ダイヤモンド工具でディスクに最終仕上げ処理を施した。

【0320】

こうして、ブレーキ面に、約95μmの平均厚みを有するNi 75%/Al 20%/Cu 5%の固定基材と、約300μmの平均厚みを有するAl₂O₃ 97%/TiO₂ 3%の保護コーティングを有するディスクが得られた。

[実施例5の2]

【0321】

保護コーティングを形成するために45μmの平均粒度の純粋なAl₂O₃を用いた点を除いては、実施例5と同様の処理を実施した。

【0322】

こうして、ブレーキ面に、約95μmの平均厚みを有するNi 75%/Al 20%/Cu 5%の固定基材と、約300μmの平均厚みを有するAl₂O₃の保護コーティングを有するディスクが得られた。

【0323】

本発明に係る方法によって製造されたブレーキバンドを有するブレーキディスクが、酸化に対する高い耐性を有し、従って、従来のブレーキディスクと比較してより長い寿命を有するものであることが実験的に実証された。

【0324】

この目的のために、同じタイプの三つのディスクに、空气中で2時間、700℃で二サイクルのファイリング処理を施すという酸化テストを実施した。各サイクルの終りに、フリーカーボンのロスに起因する重量ロス（三つのディスクの平均重量として、当初の重量と比較したパーセンテージ）を測定した。

【0325】

実施例1に従って得られるコーティングを有していない三つのディスク（A）と、実施例5に関して上述したように得られた、本発明による三つのディスク（D）とに酸化テストを実施した。

【0326】

その結果を下掲表に示した。

ディスクのタイプ	重量ロス(%)	
	1回目のサイクル	2回目のサイクル
A	0.42	0.95
D	0.3	0.20

この表から、本発明により作られたディスクの重量ロスが明らかに減少していることを銘記することができる。

【0327】

本発明に係る方法に従って製造されたブレーキディスクが、従来のディスクと比較して、高いブレーキ摩擦係数を有していることが実験的に実証された。

【0328】

この目的のために、本発明の実施例5に従って製造したディスク(E)とコーティング(実施例1)を有していないディスク(F)とにダイナミックベンチテストを実施した。

【0329】

このテストは、ディスクに260km/時間の速度から30km/時間の速度でブレーキを掛けて行った。ディスクEについて測定された摩擦係数は、平均して、ディスクFについて測定された摩擦係数の平均値よりも約15%高かった。

【0330】

その結果を図34に示した。同図において、「コートされたディスク」は本発明によるディスクEを示し、「コーティング無」はディスクFを示す。

10

【0331】

最後に、本発明に従って得られたディスク(実施例5)について、800℃の温度にされたディスクを20℃の水中に2分間浸せきさせることにより硬化させるという熱衝撃試験を実施した。実施された分析の結果、表面保護層上にクラックがなかったことが実証された。

【0332】

上述した複合セラミック材料は、普通のセラミックではその固有の易損性のために担保することができない特性である、衝撃、圧縮、及び摩擦によって生ずる温度に対して高い耐性が必要とされる様々な分野において用いられる。上述した興味ある実施形態は、ブレーキシステムにおけるもので、特に、ディスクブレーキ用のディスクを調製するためのものである。

20

【0333】

本発明の複合材料は、最終的な用途に従って様々な形状に成形することができる。特に、この材料は、車両用のブレーキ部品、特にディスクブレーキの製造に有効に用いることができる。

【0334】

そのような実施形態においては、上述した材料は、ブレーキバンド、または、ディスクブレーキのブレーキ部品を構成するディスク用のリングとして成形することができ、また、そのようなブレーキバンドのトラクションベルにも適用することができる。更に、上述した材料は、ブレーキパッドのみならず、ディスクブレーキのキャリパ本体にも適用することができ、そのような適用のために様々な態様で成形することができる。その複合材料によって、本願出願人の名義に係る、2000年12月22日付け出願の国際特許出願PCT/IT00/00543、2001年7月27日付け出願の国際出願PCT/IT01/00411、2001年7月27日付け出願の国際出願PCT/IT01/0042に記載されているような所謂ベンチレーテッドディスクを作ることでもある。

30

【0335】

本発明により得られる主な利点のいくつかについて後述する。

【0336】

提案された材料においては、薄い保護コーティングの下の一の平面内にカーボン相が存在していないので、この保護コーティングを下層の本体マトリックスから分離させるクラック蔓延パスの生成に、多くの小さい焼けが関連することを防止する。換言すると、傷又はクラックを蔓延させる相互連結パスの生成が阻止される。

40

【0337】

有益なことに、提案された実施形態により、所望の薄い厚さを有する保護コーティングを作ることができる。

【0338】

更に、こうして、ブレーキ面上で保護層にテンションが掛かることが阻止される。

【0339】

更に有益なことに、保護コーティングと複合セラミック構造との間に固定基材が存在することにより、一方で、機械的見地から二つの部分を分離させない、それら二つの部分間

50

の幾何学的結合を有することを可能にし、こうして、テンションが掛るリスクを低減させる。

【0340】

特に、提案された解決策によって、研磨材ジェット又はバーニング (burning) 又はフラッシング (flushing) によってクリーニングした後に、カーボンが無いままになっている微細なキャビティ (粗い部分) 内に固定基材をデポジットさせることができる。その基材は、そのような微細なキャビティを完全に塞いでいないが、そのプロフィールに厳格に従った連続体を構成している。基材上にデポジットされた保護コーティングは、下層面の粗い部分によって提供される握力を利用し続けることができ、本体との厳密で幾何学的な結合をもたらす。

10

【0341】

兎に角、本体に依然として存在して、除去されないカーボンは、本体の内部に在って、発生した時に、その進展をストップさせる Si 及び又は SiC 及び又は補強ファイバーのバリアと常に接する蔓延したクラックの相互連結パスに関係をもたない。

【0342】

保護層は、ブレーキ面から剥がれ落ちず、ブレーキ面から分離されないという事実があるために、ブレーキ面は平滑、平面及び平行のままで、非常に優れたランニング快適性を可能にし、ディスク寿命を長引かせることとなる。

【0343】

当業者が、特定の及び付随的な必要性を満足させるために、本願の特許請求の範囲に記載した本発明の要旨を逸脱しない範囲内で、上述した材料及びブレーキバンドに関する実施形態に様々な変更及び調整を加え且つその構成要素を機能的に均等な構成要素と置換することができる。

20

【0344】

本発明の目的は、複合構造又はブレーキバンドの構造の一部を作るための装置を提供することにある。

【0345】

より詳述すると、そのような装置は、

カーボンファイバーフィラメントとケイ素と炭化ケイ素とを含む複合セラミック構造を成形して、少なくとも一つのブレーキ面 (4) を有するブレーキバンドの本体 (3) を確保するための少なくとも一つのステーションと、

30

ブレーキ面を処理して、ブレーキ面上にケイ素と結合していないカーボンを持つように表面層を除去するための少なくとも一つのステーションと、

ケイ素と結合していないカーボンを少なくとも部分的に専ら選択的に除去する (所定の深さまで) ための少なくとも一つのステーションと、

ブレーキ面上に固定層をデポジットするための少なくとも一つのステーションと、

固定基材上に保護コーティングをデポジットするための少なくとも一つのステーションを有している。

【0346】

複合セラミック構造を成形するためのステーションは、次のサブステーションを有しているのが有益である。

40

・カーボンファイバーフィラメントと有機バインダーとの少なくとも一つの混合物を調製するための少なくとも一つのサブステーション。

・前記混合物を金型内で成形して、成形本体を確保するための少なくとも一つのサブステーション。

・多孔カーボン構造を確保するために成形本体を熱分解させるための少なくとも一つのサブステーション。

・カーボン構造にケイ素を浸透させて、カーボンとケイ素と炭化ケイ素とに実質的に基づく複合セラミック構造を確保するための少なくとも一つのサブステーション。

【0347】

50

この装置は、複合構造を機械的に仕上げるための少なくとも一つのステーションを更に有しているのが有益である。このステーションは、上記したようにブレーキ表面を処理する工程の前に複合構造を処理することを目的とする。

【0348】

装置は、ブレーキバンドをドリリングするための少なくとも一つのステーションを更に含んでいるのが有益である。

【0349】

装置は、更に、ブレーキバンドをトラクションベルに組み付けるためのステーションを含んでいるのが有益である。

【0350】

好ましくは、基材をデポジットするためのステーションとコーティングをデポジットするためのステーションは、プラズマ蒸着装置を備えている。

【0351】

好ましくは、これら二つのステーションは、分離していて、ディスクの連続した自動処理を可能にするものであるが、単一のステーションにおいて互いに任意に組み合わせてもよい。

【0352】

固定基材をデポジットするためのステーションは、金属又は金属合金の基材をデポジットするものであることが好ましい。

【0353】

コーティングをデポジットするためのステーションは、酸化物から成るコーティングをデポジットするものであることが好ましい。

【図面の簡単な説明】

【0354】

【図1】他の物質の間にフェノール系樹脂とカーボンフィラメント束とを含んだ混合物を金型内で熱成形した後に得られた未加工本体を示した図である。

【図2】熱分解後のブレーキバンド本体（多孔カーボン-カーボン本体）を示した図である。

【図3】ケイ素を図2のカーボン-カーボン本体内に浸透させて（シリケート処理）、SiCとSiとカーボンフィラメント束とを含んだセラミック材料から主に作られた本体を確保した後のブレーキバンド本体を示した図である。

【図4】シリケート処理及びケイ素薄膜を除去するための後続の機械的処理後の、バンド本体のブレーキ面の表面状態を示した顕微鏡写真であり、ケイ素と炭化ケイ素を見ることができる。

【図5】シリケート処理及びケイ素薄膜を除去するための後続の機械的処理後の、バンド本体のブレーキ面の表面状態を示した顕微鏡写真であり、その面から部分的に出ているファーバー束のカーボンファイバーケイを見ることができる。

【図6】カーボンファイバーをブレーキ面から所定の深さまで除去するように、既に機械的に処理されてケイ素被覆層が除去されたブレーキ面を研磨材ジェットでクリーニング処理する工程を示した写真である。

【図7】所定の深さまでカーボンが既に除去されたブレーキ面上に、固定基材をプラズマ蒸着する工程と、保護層をプラズマ蒸着する工程を示した図である。

【図8】研磨材ジェットによるクリーニング処理後のブレーキバンド複合本体の部分を示した顕微鏡写真である。

【図9】（矢印Bで示した）固定基材の蒸着及び（矢印Aで示した）保護層の蒸着後で表面仕上げ前のブレーキバンド複合本体の断面を示した顕微鏡写真である。

【図10】ブレーキ面が表面上の仕上げをされて、トラックベルに組み付けられたブレーキバンドを備えたディスクブレーキ用ディスクを示した図である。

【図11-13】ブレーキバンドの製造工程を示した図で、ミキシングと成形型への充填とを示した図である。

10

20

30

40

50

【図14-16】未加工本体の熱成形工程を示した図である。

【図17-19】複数のブレーキバンド本体を熱分解する工程を示した図である。

【図20-22】複数のブレーキバンド本体をシリケート処理する工程を示した図である。

。

【図23-24】ブレーキバンドのシリケート処理高密度化された本体のブレーキ面を機械的処理する工程を示した図である。

【図25-26】ブレーキ面からカーボン相を除去するためにブレーキ面を研磨材ジェットでクリーニングする工程を示した図である。

【図27-28】所定の深さまでカーボンが既に除去されたブレーキ面上に、固定基材をデポジットする工程と、保護層をデポジットする工程を示した図である。

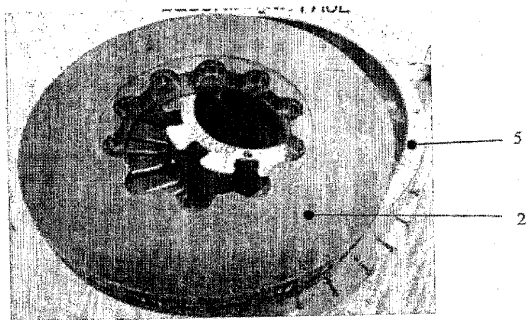
【図29-31】ブレーキ面を機械的に仕上げる工程を示した図である。

【図32-33】ブレーキバンドをベルに組み付ける工程を示した図である。

【図34】従来のセラミックディスクと比較した、本発明の方法によって得られたディスクの減速による摩擦係数のパターンを示した図である。

10

【図1】



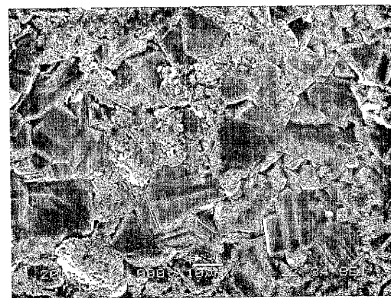
【図2】



【図3】



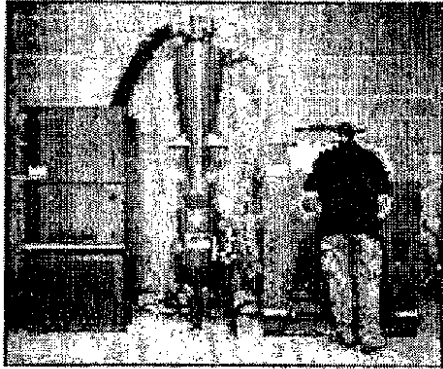
【図4】



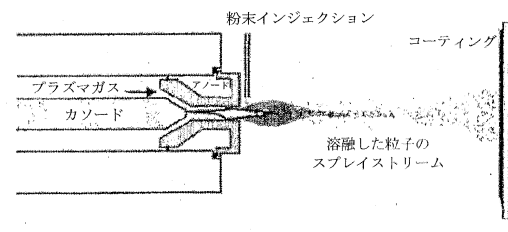
【図 5】



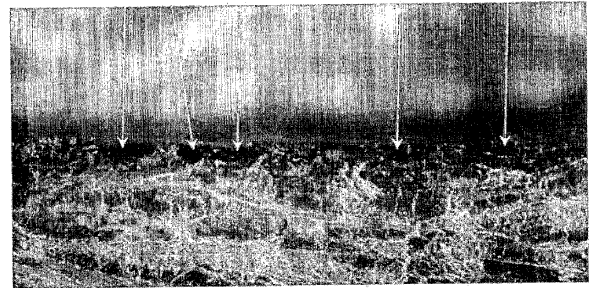
【図 6】



【図 7】

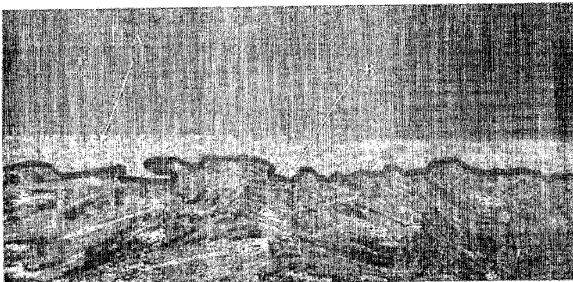


【図 8】

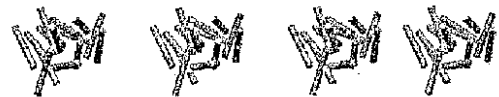


0,15 mm

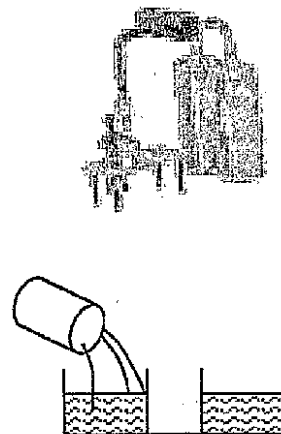
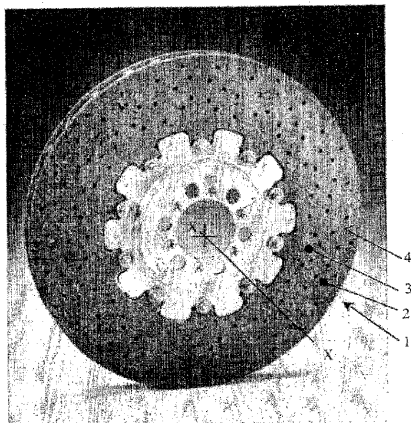
【図 9】



【図 11-13】



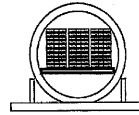
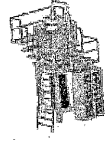
【図 10】



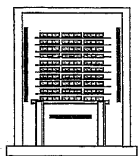
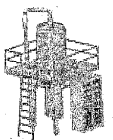
【図 14 - 16】



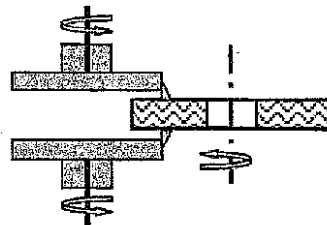
【図 17 - 19】



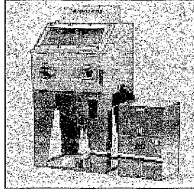
【図 20 - 22】



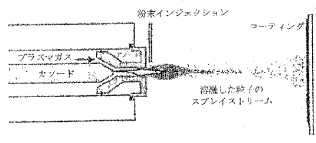
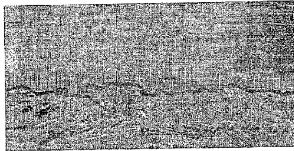
【図 23 - 24】



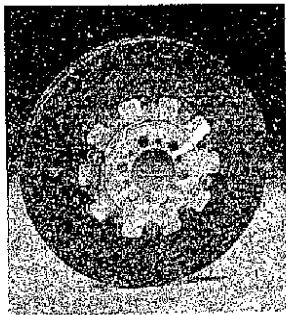
【図 25-26】



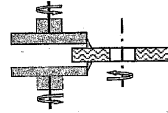
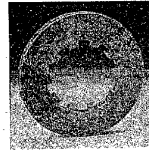
【図 27-28】



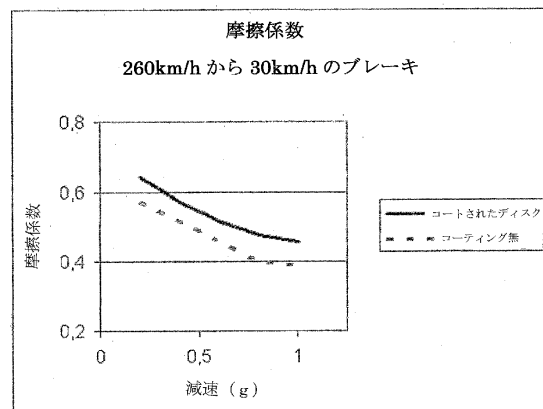
【図 32-33】



【図 29-31】



【図 34】



フロントページの続き

審査官 河内 誠

- (56)参考文献 特開平10-061697 (JP, A)
特開2005-162601 (JP, A)
特開2002-255665 (JP, A)
特表2006-511417 (JP, A)
特表2003-528794 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F16D 49/00~131/02